



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio comparativo de los efectos de dos estrategias de fertilización sobre el desarrollo de un cultivo de cebada y sobre las propiedades del suelo

Comparative research of the effect of two fertilization strategies upon the development of a barley crop and the soil properties

Autor

Guillermo Catalán Salas

Directores

Francisco Javier García Ramos
María Videgain Marco

Escuela Politécnica Superior de Huesca (EPS)
2018



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera expresar mi agradecimiento a Agropal, S. L., por darme la oportunidad de realizar este trabajo y por confiar en mí desde el primer momento, así como a gran parte de sus integrantes, que con pequeños gestos han reducido enormes cantidades de horas de trabajo.

A mis tutores, F. Javier García, por su labor continua desde la sombra, y a María Videgain, por dedicar las horas que no tenía, y más.

A AGRACON, por incluir este ensayo dentro de la red de ensayos vinculados al Centro de Transferencia del Gobierno de Aragón, y a su técnico Andrea, que con su ayuda y compañía hacía que “las espigas fueran menos espigas”.

A mis padres, que con su empuje constante en esta carrera de fondo han logrado que alcanzara la meta.

A mis hermanos, quienes han tenido que aguantar carros, carretas y carretillas para que hoy pueda estar donde estoy.

A mis amigos, que durante meses han sido más impacientes, incluso que yo mismo, para que lograra poner el punto final.

A Paula, porque estando sin estar, sin ella, simplemente, no hubiera sido posible ver la luz al otro lado del túnel.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	CONCEPTOS GENERALES: FERTILIZACIÓN Y CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES.....	1
1.2.	ALTERNATIVAS HACIA UNA FERTILIZACIÓN RACIONAL.....	7
1.3.	DEPENDIENTES DE LA CALIDAD DE SUELO.....	14
2.	OBJETIVOS.....	18
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
3.1.	TIPOLOGÍA DE LOS ENSAYOS – EMPLAZAMIENTO.....	19
3.2.	ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA.....	20
3.2.1.	<i>Climatología y edafología</i>	<i>20</i>
3.2.2.	<i>Caracterización edáfica.....</i>	<i>24</i>
3.2.3.	<i>Material vegetal.....</i>	<i>32</i>
3.2.4.	<i>Estrategias de fertilización seleccionadas.....</i>	<i>35</i>
3.2.5.	<i>Diseño experimental.....</i>	<i>38</i>
3.2.6.	<i>Técnicas culturales.....</i>	<i>39</i>
3.2.7.	<i>Seguimiento agronómico.....</i>	<i>48</i>
3.3.	ENSAYO EN INVERNADERO.....	60
3.3.1.	<i>Diseño experimental.....</i>	<i>60</i>
3.3.2.	<i>Material vegetal.....</i>	<i>63</i>
3.3.3.	<i>Técnicas culturales.....</i>	<i>64</i>
3.3.4.	<i>Seguimiento agronómico.....</i>	<i>65</i>
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	67



4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
4.1.	ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA.....	69
4.1.1.	<i>Seguimiento de parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción.....</i>	<i>69</i>
4.1.2.	<i>Seguimiento de parámetros relacionados con la fertilidad física, química y biológica del suelo</i>	<i>88</i>
4.1.3.	<i>Análisis económico.....</i>	<i>96</i>
4.2.	ENSAYO EN INVERNADERO.....	98
4.2.1.	<i>Seguimiento de parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción.....</i>	<i>98</i>
4.2.2.	<i>Seguimiento de parámetros relacionados con la fertilidad biológica del suelo.....</i>	<i>103</i>
5.	CONCLUSIONES.....	108
5.1.	ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA.....	108
5.2.	ENSAYO EN INVERNADERO.....	109
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	110



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la composición del suelo en los últimos 150 años en el Valle del Ebro (Elaboración propia a partir de Veber, 2016)	2
Figura 2. Distribución a nivel mundial de la degradación de los suelos a causa del incremento de la agricultura intensiva (www.unenvironment.org)	3
Figura 3. Evolución de la superficie cultivada y de la producción de cereales, y de los aportes nitrogenados en fertilización entre 1960 y 2010, en todo el mundo (www.unenvironment.org).....	4
Figura 4. Evolución del uso de diferentes tipos de pesticidas, en millones de dólares de coste de las sustancias activas, en Estados Unidos (Agrios, 2005).....	5
Figura 5. Ley de mínimos para una fertilización equilibrada (García-Serrano et al., 2011).8	
Figura 6. Comparativa de la descomposición de MO y de la liberación de N entre diversos fertilizantes de origen animal y una gallinaza deshidratada comercial (Adaptado a partir de los estudios de la Universidad de Hohenheim para la empresa proveedora del abono que se compara en este ensayo).....	11
Figura 7. Localización de la parcela de ensayo en campo (sigpac.mapa.es)	19
Figura 8. Localización del invernadero en la EPSH (sigpac.mapa.es)	20
Figura 9. Diagrama ombrotérmico de precipitaciones y temperaturas medias durante el periodo de ensayo 2016 - 2017 (Elaboración propia a partir de aragon.es)	22
Figura 10. Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos agrarios en la provincia de Huesca (aragon.es)	24
Figura 11. a) Recogida de muestras de suelo en campo, y b) barrena helicoidal para la recogida de muestras de suelo (www.vanwalt.com).....	25
Figura 12. Clasificación de la disponibilidad de elementos nutritivos por la planta en función del pH del suelo (Truog, 1951).....	27
Figura 13. Vista al microscopio con objetivo de 40X de a) una espora germinando; b) micelios arbusculares prolongándose sobre las raíces secundarias.....	28
Figura 14. Bandeja sembrada con diluciones del suelo preliminar	29



Figura 15. Media y desviación típica de las unidades formadoras de colonias para cada uno de los grupos microbianos analizados.....	32
Figura 16. Variedad de cebada Meseta y su semilla, respectivamente (www.genvce.org) .	33
Figura 17. Cálculo del peso de mil granos de la semilla de cebada de campo Meseta	34
Figura 18. Disposición esquemática de las diferentes bandas dentro de la parcela (Elaboración propia).....	39
Figura 19. Demarcación y delimitación de las bandas	40
Figura 20. Sembradora EUROSEM 888 (Solà) para la aplicación del abonado de fondo.....	41
Figura 21. Esquema de los dosificadores de la sembradora (Manual de la sembradora EUROSEM 888, Solà)	42
Figura 22. a) Disposición de las palancas del dosificador del fondo móvil y b) del variador de la sembradora para el ajuste de la dosis de abonado.....	43
Figura 23. Abonado de las bandas de ensayo	44
Figura 24. Siembra de las bandas de ensayo y de la parcela que las contiene.....	45
Figura 25. Aplicación del extracto de algas marinas pulverizado.....	46
Figura 26. Cosecha de las bandas de ensayo	47
Figura 27. Técnicas culturales realizadas sobre la parcela de ensayo (Elaboración propia)	47
Figura 28. Marco de medición para el conteo de las variables agronómicas del estudio (Elaboración propia).....	50
Figura 29. a) Medidor de clorofila SPAD-502 y b) relación entre lecturas de clorofila (SPAD) y contenido de nitrógeno foliar (%) (Villar & Ortega, 2003).....	52
Figura 30. Cosechadora trilladora portátil Minibatt (agrotronik.es/).....	53
Figura 31. a) Medidor Wile 200 para humedad, temperatura y peso específico en grano (agrotronik.es/) y b) tablilla niveladora para conteo de 100 granos.....	53
Figura 32. Puesta de trampas pitfall para la determinación interparcelaria de macrofauna	58
Figura 33. Trituración de los abonos a) mineral y b) orgánico	61
Figura 34. Disposición de los tratamientos de ensayo sobre las bandejas de invernadero	62



Figura 35. Variedad de cebada Shakira (www.genvce.org)	63
Figura 36. Tratamientos agronómicos realizados sobre el conjunto de bandejas de invernadero (Elaboración propia).....	65
Figura 37. Barrena para la recogida de muestras radiculares.....	67
Figura 38. Plantas por metro cuadrado en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica.....	69
Figura 39. Tamaño de la plántula (cm) en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica.....	72
Figura 40. Longitud radicular (cm) en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica	74
Figura 41. Número de hijuelos por planta (macollaje) en función del tratamiento. Media y desviación típica	76
Figura 42. Longitud de la hoja bandera (cm) en función del tratamiento. Media y desviación típica	77
Figura 43. Valor medio y desviación típica de las lecturas SPAD para dos fechas diferentes	78
Figura 44. Longitud de la espiga (cm) en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica	80
Figura 45. Anchura de la espiga (cm) en función del tratamiento. Media y desviación típica	81
Figura 46. Número de granos por espiga en función del tratamiento. Media y desviación típica.....	82
Figura 47. Número de espigas por planta en función del tratamiento. Media y desviación típica.....	83
Figura 48. Peso de 1000 granos (g) en función del tratamiento. Media y desviación típica	84
Figura 49. Peso específico (kg/hL) en función del tratamiento. Media y desviación típica	85
Figura 50. Rendimiento (kg/ha) en función del tratamiento. Media y desviación típica	86
Figura 51. Humedad relativa (%) en función del tratamiento. Media y desviación típica...	87
Figura 52. Potencial micorrízico (propágulos/cm ³) en función del tratamiento. Media y desviación típica	90



Figura 53. Arcoseno del porcentaje de micorrización en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica.....	91
Figura 54. Número de individuos de las diferentes familias de macrofauna en función del tratamiento. Media y desviación típica.....	93
Figura 55. Número de individuos de la diversidad total de macrofauna en función del tratamiento. Media y desviación típica.....	94
Figura 56. Unidades formadoras de colonias microbianas en función del tratamiento. Media y desviación típica	96
Figura 57. Peso seco de la parte aérea y radicular (g), respectivamente en función del tratamiento a dosis x1. Media y desviación típica.....	99
Figura 58. Peso seco de la parte aérea y radicular (g), respectivamente en función del tratamiento a dosis x2. Media y desviación típica.....	100
Figura 59. Peso seco de la parte aérea y radicular (g), respectivamente en función del tratamiento a dosis x3. Media y desviación típica.....	102
Figura 60. Arcoseno del porcentaje de micorrización en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica.....	104



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores mensuales de precipitación y temperaturas durante el periodo de ensayo 2016 – 2017 (aragon.es).....	22
Tabla 2. Resultados de los análisis de suelo previos a la implantación del cultivo	26
Tabla 3. Grupos microbianos analizados y su normativa ISO y metodología.....	31
Tabla 4. Extracciones medias de nutrientes en cebada en las partes aéreas (grano y paja) (Adaptado de López, 2011; Orús et al., 2011).....	33
Tabla 5. Características varietales de cebada Meseta (www.genvce.org)	35
Tabla 6. Unidades nutritivas presentes en la fórmula del abono de fondo en el tratamiento orgánico (Elaboración propia a partir de los datos aportados por la entidad comercial).....	36
Tabla 7. Muestreos recabados en el conjunto de bandas de la parcela de campo	55
Tabla 8. Dosis fertilizantes por alveolo en cada tratamiento	61
Tabla 9. Características varietales de Shakira (www.lgseeds.es & www.genvce.org)	64
Tabla 10. Disposición de fechas de desarrollo de técnicas culturales y muestreo para el conjunto de tratamientos.....	66
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable plantas/m ² en función del tratamiento para cada fecha de muestreo	70
Tabla 12. Tasas de germinación (%) por tratamiento.....	70
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable tamaño de la plántula en función del tratamiento para cada fecha de muestreo	73
Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable longitud radicular en función del tratamiento para cada fecha de muestreo	75
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable ahijamiento en función del tratamiento	76
Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable longitud de la hoja bandera en función del tratamiento	77
Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para las lecturas SPAD en dos fechas anteriores al tratamiento de cobertera y en fecha posterior.....	79



Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable longitud de la espiga en función del tratamiento para cada fecha de muestreo	80
Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable anchura de la espiga en función del tratamiento	81
Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable número de granos por espiga en función del tratamiento	82
Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable espigas por planta en función del tratamiento	83
Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable peso de 100 granos en función del tratamiento	84
Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable peso específico en función del tratamiento	85
Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable rendimiento en función del tratamiento	86
Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable humedad relativa en función del tratamiento	87
Tabla 26. Media por tratamiento de los análisis de suelo tras la cosecha del cultivo	88
Tabla 27. Diferencia de los parámetros físico-químicos (%) respecto a la analítica obtenida previo al ensayo	88
Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable potencial micorrízico en función del tratamiento	90
Tabla 29. Variación (%) del potencial micorrízico tras un ciclo de cultivo	90
Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable arcoseno del porcentaje de micorrización en función del tratamiento para cada fecha de muestreo	92
Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable número de individuos de las diferentes familias de macrofauna en función del tratamiento	93
Tabla 32. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable diversidad total de macrofauna en función del tratamiento	94
Tabla 33. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable unidades formadoras de colonias microbianas en función del tratamiento y de cada grupo microbiano	96



Tabla 34. Costes estimados para las aplicaciones de abonado (Elaboración propia)	97
Tabla 35. Costes estimados para los productos utilizados en los tratamientos abonados (Elaboración propia)	97
Tabla 36. Beneficios estimados para cada tratamiento de estudio (Elaboración propia) ...	98
Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular en función del tratamiento a dosis x1	99
Tabla 38. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular en función del tratamiento a dosis x2	101
Tabla 39. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular en función del tratamiento a dosis x3	102
Tabla 40. Análisis de varianza univariante para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular.....	103
Tabla 41. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de micorrización en función del tratamiento a dosis x1	105
Tabla 42. Análisis de varianza (ANOVA) la variable porcentaje de micorrización en función del tratamiento a dosis x2.....	106
Tabla 43. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de micorrización en función del tratamiento a dosis x3	107



RESUMEN

El exceso de contaminación por nitratos, los altos niveles de retención de fosfatos y la escasez en los niveles de materia orgánica en los suelos del Valle del Ebro, hacen necesaria la búsqueda de alternativas que mitiguen las consecuencias negativas que estos factores generan sobre la producción agrícola a corto, y sobre todo, a largo plazo.

En este sentido, se pretende evaluar en parcela agrícola y en invernadero la variación de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, como indicadores productivos y de calidad en un cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en función del tipo de fertilizante empleado: orgánico, mineral y testigo (sin abonado).

Los resultados en parcela agrícola no han generado variaciones significativas en la mayoría de los parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción, mientras que para aquellos relacionados con la fertilidad biológica, el tratamiento orgánico produjo valores significativamente mayores de micorrización frente al mineral.

Los resultados en invernadero han revelado variaciones significativas en los parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción a favor del tratamiento mineral, y en aquellos ligados a la fertilidad biológica, significativamente mayores en el tratamiento orgánico frente al mineral.

Palabras clave: abonado orgánico, fertilizantes, *Hordeum vulgare* L., seguimiento agronómico, fertilidad biológica.



ABSTRACT

Excess of nitrate pollution, high levels of phosphates retention and scarcity in organic matter levels in the Ebro Valley's soils, make necessary to search alternatives in order to mitigate the negative consequences generated on agricultural production in the short and the long term.

In this sense, it is pretend to evaluate, both field and greenhouse conditions, the variation of different physical, chemical and biological parameters of soil as productive and quality soil indicators in a barley crop (*Hordeum vulgare* L.) depending on the type of fertilizer used: organic fertilizer, chemical fertilizer and control treatment (without any fertilizer).

The results in field plot have not shown significant variations in majority of the agronomic parameters related to growth and production. However, the organic treatment produced values significantly higher in mycorrhization compared to the mineral one, regarding biological fertility parameters.

The greenhouse results have revealed significant variations in the agronomic parameters related to growth and production, and also in parameters related to biological fertility, both significantly higher to the organic treatment compared to the mineral one.

Key words: organic fertilizer, fertilizers, *Hordeum vulgare* L., agronomic monitoring, biological fertility.



1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONCEPTOS GENERALES: FERTILIZACIÓN Y CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES

El mundo está cambiando y las metas para lograr un desarrollo sostenible requieren que nuestra mentalidad evolucione, no que revolucione. Nutrir, y abastecer de energía y materiales a más de 9 billones de personas en 2050, así como aumentar la bioseguridad en el aporte de proteínas y carbohidratos de calidad, son los desafíos que la industria agroalimentaria lucha por alcanzar. Este hecho, asociado a la frecuente pobreza nutricional de los suelos españoles hace que se dependa cada día más de la fertilización, convirtiéndola en una acción imprescindible para abastecer correctamente las necesidades de los cultivos.

El aporte de minerales al suelo, sobre todo aquellos con contenido nitrogenado, es una práctica agrícola muy antigua empleada con el objetivo de generar una intensificación productiva; desde finales del siglo XIX, cuando se comenzaron a explotar los yacimientos de guano de la costa sur del Pacífico, hasta 1945, al acabar la II Guerra Mundial, cuando se inicia la producción masiva de fertilizantes como consecuencia del excedente de amonio (Igual, 2014). Este desarrollo viene ligado a que se trata de un elemento capaz de contribuir de manera significativa a producir plantas sanas y vigorosas, cuando las condiciones del suelo son idóneas para soportar los cultivos, puesto que el nitrógeno (N) forma parte de los aminoácidos que a su vez forman las proteínas para definir la calidad comercial del grano (Betrán *et al.*, 2006). Por otra parte, cuando la planta acusa deficiencias en nitrógeno, éstas se traducen en una reducción de la expansión foliar, provocando una prematura senescencia, dando como resultado una menor producción de materia seca. La incidencia de este elemento sobre los dos factores (rendimiento y contenido de proteína) hacen que su manejo sea estratégico para la producción (Ferraris *et al.*, 2013).

Las necesidades en nitrógeno de los cultivos pueden ser corregidas e incluso completadas a lo largo del ciclo de producción gracias a la cantidad, tipo y forma del contenido de materia orgánica, condicionante variable cada año según labores culturales

como la incorporación de paja al suelo o la aplicación de residuos ganaderos. Por ello, el establecimiento de la dosis de fertilizante y la fecha de aplicación de los mismos constituyen una situación compleja, y a la vez importante, que cada año se plantea de forma distinta al agricultor (López, 2011).

A pesar de todo esto, se estima que gracias al empleo de fertilizantes únicamente es posible abastecer el 50% de las necesidades nutritivas del mundo (De La Cruz & García-Serrano, 2012), ya que pese a la industrialización de la agricultura (Revolución Verde) sufrida en el último medio siglo, se han generado determinadas problemáticas ligadas a la mayor utilización de los fertilizantes de síntesis química como consecuencia de la necesidad de obtener mayores rendimientos en los cultivos. Las más reconocidas a nivel mundial son el descenso de los niveles de la materia orgánica, factor asociado a varias e importantes consecuencias negativas: el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (www.unenvironment.org; Agrios, 2005), la merma en la capacidad de absorción de agua y de micronutrientes, factores principales de los descensos de producción (López *et al.*, 2009), el aumento de la erosión y de la desertificación de los suelos (Figuras 1 y 2), la compactación acelerada de los suelos (paso de una densidad de 0,8 a 1,3 kg/cm³ en los últimos 150 años) o la pérdida de la microbiología del suelo (para un aumento de los hongos y microbios patógenos; nemátodos¹, principalmente).

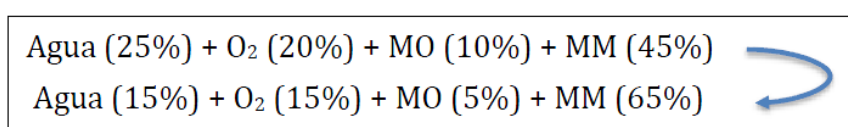


Figura 1. Evolución de la composición del suelo en los últimos 150 años en el Valle del Ebro (Elaboración propia a partir de Veber, 2016)

¹ Desde 2011 en la provincia de Huesca, *Anguina sp.* aparece como una enfermedad sin métodos curativos para su control (Lezáun, *et al.*, 2012).

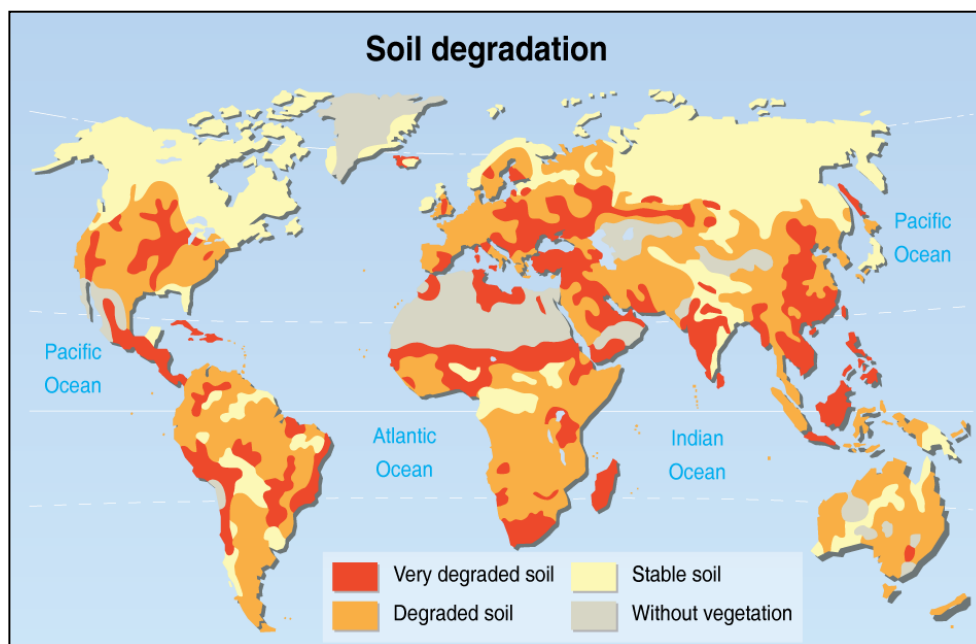


Figura 2. Distribución a nivel mundial de la degradación de los suelos a causa del incremento de la agricultura intensiva (www.unenvironment.org)

En el caso particular de los fertilizantes nitrogenados, y que mayor incidencia poseen por la necesidad de dicho elemento para todos los cultivos agrícolas, su empleo ha aumentado en más del 850% (pese a la mejora en las técnicas agrícolas y del uso más eficiente de los estiércoles y los restos orgánicos), para únicamente responder con un aumento de producción de algo más del 350%, manteniendo la superficie de cultivo prácticamente estable, en los últimos 50 años (Figura 3).

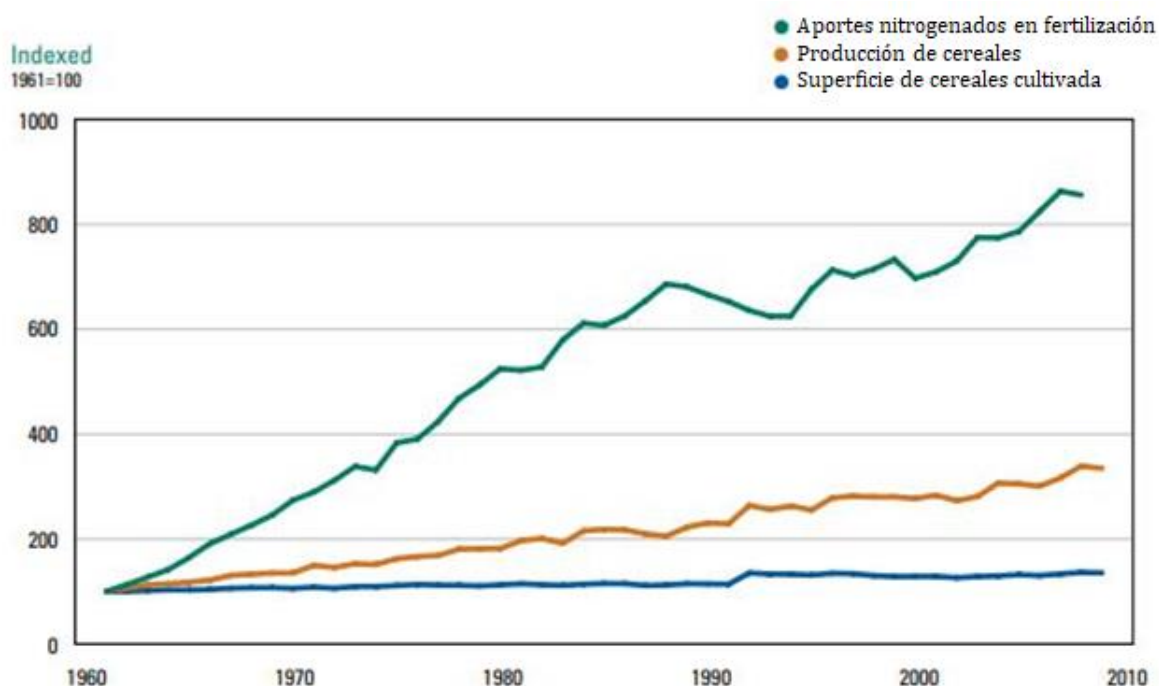


Figura 3. Evolución de la superficie cultivada y de la producción de cereales, y de los aportes nitrogenados en fertilización entre 1960 y 2010, en todo el mundo (www.unenvironment.org)

Este desequilibrio en los sistemas de producción puede tener una causa clara: el inadecuado uso de los abonados nitrogenados para la nutrición de la planta. Tanto el momento de aplicación como la forma en que éstos se disponen sobre la matriz del suelo no permiten que el cultivo lo absorba en su plenitud, tanto que se generan pérdidas de entre un 50 y un 60% de este elemento, pues la eficiencia en la absorción de nitrógeno por parte de los cultivos resulta máxima para dosis bajas y disminuye conforme se incrementan éstas (Betrán, 2006). Este suceso conlleva aplicar una mayor dosificación nitrogenada para el desarrollo de los cultivos (incremento anual de un 1,4% en el periodo 2014–2018; www.fao.org). Asimismo, este hecho, que además de suponer un gasto económico innecesario para el agricultor e importantes efectos negativos en la sanidad humana y en el medio ambiente, se traduce, en muchas ocasiones, en una mayor incidencia de plagas y enfermedades sobre los cultivos², lo que repercute directamente en

² p.e., los pulgones *Myzus persicae* y *Aphis gossypii*, la bacteria *Pseudomonas syringae* y el hongo *Oidium lycopersicum* incrementan su presencia en plantas de tomate con alta fertilización en nitrógeno (Vega, 2015).

el incremento del uso de pesticidas y plaguicidas que la agricultura ha sufrido en los últimos años (Figura 4).

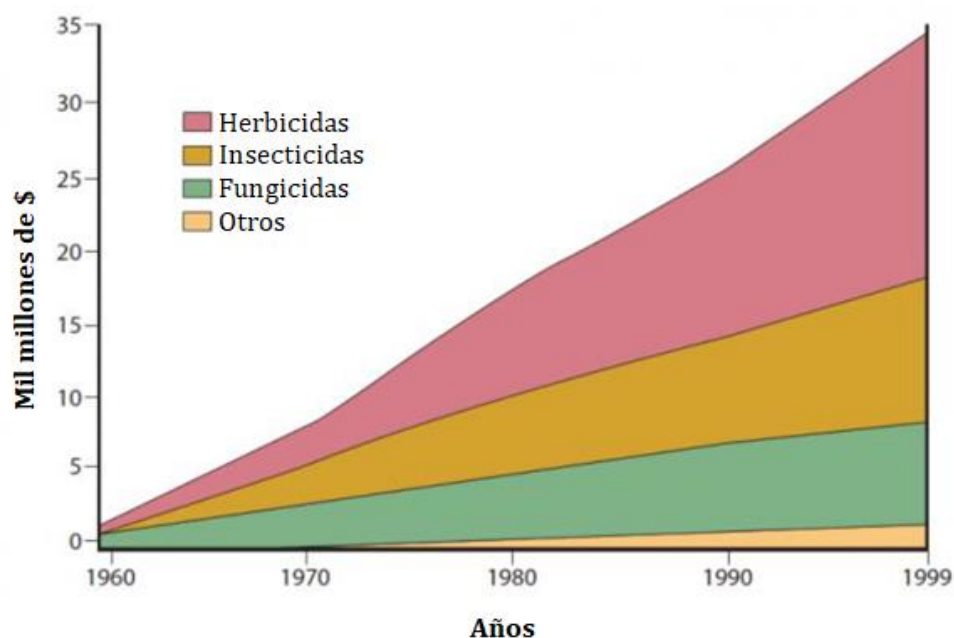


Figura 4. Evolución del uso de diferentes tipos de pesticidas, en millones de dólares de coste de las sustancias activas, en Estados Unidos (Agrios, 2005)

Uno de los comentados factores negativos producidos cuando las dosis en nitrógeno exceden la cantidad adecuada para cada tipo de cultivo es el lixiviado, nitrógeno incorporado a las aguas subterráneas derivado en una importante contaminación difusa de los recursos hídricos subterráneos (Martínez, 2009).

Esta práctica continua ha dado pie, guiada por la legislación europea (Directivas 1998/83/CE³ y 91/676/CEE⁴), a enmarcar ocho millones de hectáreas del territorio agrario español en zonas contaminadas por nitratos o en riesgo de estarlo, o zonas vulnerables, como aquellas con una concentración de 50 mg/L de nitrato como límite admisible en aguas subterráneas (265.000 ha en Aragón, 106.000 ha en la provincia de Huesca). Estas zonas son designadas por las Comunidades Autónomas y comunicadas a la

³ Directiva 1998/83/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

⁴ Directiva 91/667/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.



Comisión Europea a través del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), debiendo revisarse cada cuatro años (establecido por el Real Decreto 261/1996).

Esta condición, que veta la realización de numerosas prácticas agrícolas que durante años se han puesto en marcha sin ningún tipo de control, se transponen en las Comunidades Autónomas –como es el caso de Aragón–, en programas de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Estos Programas de Actuación, cuyas directrices son de obligado cumplimiento, describen algunos principios básicos sobre el aporte de fertilizantes nitrogenados en general:

A2) Las necesidades máximas de nitrógeno para los cultivos han de estar fijadas en base a la productividad de la cosecha. Se limitan los periodos de aplicación en función de la climatología de la zona y los requerimientos del cultivo. Para cubrir la exigencia de nitrógeno del cultivo se tendrán en cuenta sinérgicamente todas las fuentes de aporte de N, sin exceder los 170 kg/año de este elemento procedente de deyecciones animales.

A4) Se determinan las necesidades máximas de los cultivos y disponibilidad de N existente. Se diseña el Plan de Abonado a partir de los datos anteriormente descritos y se cumplimenta el Libro-Registro de Aplicación de Fertilizante.

A5) y A6) No se realizarán aportes de fertilizantes en superficies agrarias en las que no se pueda producir absorción por los cultivos ni en zonas de suelos hidromorfos.

A7) La aplicación de fertilizantes en zonas inclinadas vendrá condicionada por la pendiente de las mismas; cuando la pendiente sea superior al 10% los fertilizantes nitrogenados no podrán provenir de abonos minerales.

De este modo, un estudio preciso del tipo de cultivo, de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, de los factores abióticos del entorno del cultivo (clima, geología, hidrología,...), del momento adecuado de la aplicación de los fertilizantes⁵, así como de la elección del tipo y la cantidad de dichos aportes, se enmarcan como prácticas esenciales

⁵ Varios autores (Baethgen *et al.*, 1995; ITGA, 2000) recomiendan asegurar cantidades relativamente pequeñas de nitrógeno disponible para el establecimiento del cultivo y el desarrollo inicial del ahijado (< 10% del total), aplicando las cantidades adicionales al final de este período.

para disminuir el aporte en exceso de nitrógeno, que constituye finalmente el proceso fundamental de la contaminación de los recursos hídricos subterráneos. Todas estas situaciones, ligadas a la cada vez más frecuente concienciación por parte de los productores y consumidores a realizar buenas prácticas agrícolas, respetuosas con el medioambiente y que minimicen el uso de agroquímicos, supone encontrar alternativas que permitan sobreponerse a esta situación sin desproveer al suelo de unidades fertilizantes que nutran a los cultivos.

De acuerdo con esta exigencia, los Reales Decretos que regulan la aplicación de la condicionalidad, en relación con las ayudas directas en el marco de la Política Agrícola Común (PAC) indican la obligatoriedad de los agricultores y ganaderos de cumplir con las medidas establecidas en el correspondiente programa de actuación, cuando su explotación se encuentra en una Zona Vulnerable.

1.2. ALTERNATIVAS HACIA UNA FERTILIZACIÓN RACIONAL

Para lograr el cumplimiento de la normativa ligada con aportes fertilizantes racionales, junto con la premisa de nutrir correctamente a los cultivos, es necesario evitar aplicaciones incontrolados mediante nuevas prácticas agrarias con las que se consiga la máxima eficacia (Martínez, 2009), y en consecuencia, conseguir una reducción de los costes. Como la tendencia actual es que el consumo de fertilizantes de síntesis descienda, puesto que la agricultura evoluciona hacia el concepto de “bajos insumos y agricultura sostenible”, se hace necesario profundizar en una gestión racional de la fertilidad edáfica, estudiando las necesidades reales de los cultivos a través de análisis de suelo y foliares.

Esta filosofía de trabajo no es nueva; disponer de la presencia de todos los nutrientes en el suelo, en formas disponibles para el cultivo es una tendencia con cada vez más relevancia en agricultura, siempre y cuando, cada uno se disponga en sus respectivas cantidades. Este equilibrio (Figura 5) favorece, por ejemplo, a potenciar aspectos metabólicos del desarrollo del cultivo como es la división celular, fenómeno que supone duplicar las células por meiosis; generar un mayor número de paredes lignificadas que permitan que el cultivo se desarrolle sin apenas debilidades (evitar elongaciones celulares

con alto contenido hídrico que mermen la estructura de la planta, incidiendo más fácilmente en la entrada de plagas y enfermedades).

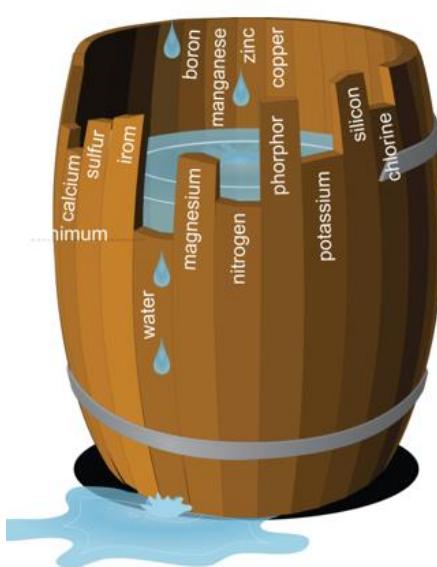


Figura 5. Ley de mínimos para una fertilización equilibrada (García-Serrano *et al.*, 2011)

Además, desde los inicios de la agricultura, la fertilización se basaba única y exclusivamente en la aportación de estiércoles y otros recursos naturales. La estrecha relación entre el contenido de materia orgánica del suelo y la fertilidad del suelo ha sido siempre ampliamente reportada y universalmente aceptada (Campbell, 1978; Smith *et al.*, 1993). Los compuestos orgánicos tienen numerosos efectos positivos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Duggan & Wiles, 1976; Webber, 1978; Reganold *et al.*, 1993; Smith *et al.*, 1993), y aunque éstas cambien lentamente y sean necesarios varios años para obtener diferencias significativas, algunos parámetros biológicos y bioquímicos son más sensibles y pueden proporcionar mediciones más tempranas de los cambios producidos por el manejo del suelo (Dick, 1994; Ndiaye *et al.*, 2000).

En concreto, los suelos agrícolas del Valle del Ebro están incluso más condicionados a este tipo de aportes orgánicos, pues las condiciones meteorológicas, topográficas y edafológicas que los engloban favorecen los procesos erosivos, la escasez en el recurso agua y la carencia en materia orgánica (Fernández-Ugalde *et al.*, 2009). De este modo, la

aplicación de enmiendas orgánicas puede aportar mayores beneficios que en otras zonas del “agro” español donde los niveles de materia orgánica no son un condicionante productivo.

Las enmiendas orgánicas aportan múltiples beneficios desde diferentes puntos de vista, por lo que se han querido destacar los que se consideran más importantes:

- La actividad enzimática del suelo es altamente estimulada, efecto que contribuye a retener los nutrientes del suelo y estimular la actividad biológica del mismo (Madejon *et al.*, 2003; Gianfreda & Bollag, 1996).
- La regeneración de suelos degradados es posible gracias, por ejemplo, a la cantidad y actividad de la biomasa microbiana del suelo (unos diez mil millones de bacterias por gramo de suelo, junto con hongos y protozoos), factor principal de la transformación química que libera los nutrientes esenciales para el correcto desarrollo de los cultivos. Se considera, por tanto, como un valioso índice de cambios en la materia orgánica del suelo que está influenciada por varios factores de manejo tales como la aplicación de pesticidas y otros fertilizantes (Bossio *et al.*, 1998).
- El manejo inadecuado del sistema agrícola (bajo nivel en materia orgánica asociado a un laboreo intensivo) provoca una liberación masiva de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂), debido a que se modifica la estructura del suelo y se produce un aumento de la mineralización por un mayor contacto entre la materia orgánica y la microbiota. En cambio, aquellos suelos agrícolas con altos niveles orgánicos son destacados como uno de los mayores depósitos de carbono del planeta, ya que al ralentizar el proceso de mineralización por parte de la actividad microbiana, es posible mitigar la concentración atmosférica de CO₂ (Villalobos *et al.*, 2009; www.fao.org).
- Permiten aumentar paulatinamente los niveles de producción de iones H⁺ en el suelo y con ello, descender el pH, gracias a su rica composición en formas ácidas, como el amonio (NH₄⁺). Esta práctica permite solventar diversos problemas, ya que 1) favorece la capacidad de drenaje de los suelos,

incrementando la capacidad de retención del complejo arcillo-húmico en suelos arcillosos, y aumento de la compactación de los suelos arenosos, donde se produce una enorme cantidad de pérdidas por infiltración, 2) desbloquea el fósforo no soluble para la planta, principalmente en forma de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (fosfato tricálcico), generando fórmulas asimilables como el fosfato dicálcico $[\text{Ca}(\text{HPO}_4)]$ o el óxido de fósforo (P_2O_5), y como ya se cita numerosas veces, y, 3) favorece la asimilación de la mayoría de elementos presentes en el complejo de cambio, esenciales para el desarrollo de los cultivos.

Sin embargo, independientemente del origen de dichas enmiendas orgánicas, se puede determinar que su composición y su contenido en agua son muy irregulares, variando incluso dentro de un mismo material según la época del año. Esto conduce a que las cantidades de materia orgánica y de nutrientes incorporados al suelo con la misma cantidad de materia prima sean bastante inconstantes (Saña *et al.*, 1996). Además, Rojas (1997) destaca que en enmiendas orgánicas como el purín, el estiércol o la gallinaza en fresco, el nitrógeno presente en su composición (mayoritariamente nítrico) solamente es aprovechable un máximo de un 65% debido a aspectos como la volatilización o la lixiviación, procesos acelerados debido a que su riqueza en materia seca no excede el 20%, e incluso, en algunos casos, menos del 10% en peso (Ripoll, 2014).

Ahora bien, dado que en general no se suelen cuantificar los niveles nutricionales y el porcentaje de agua previo a cada aplicación en las enmiendas orgánicas, se propone como alternativa su procesado para conseguir un producto final totalmente aprovechable y una utilización completa, sobre todo, en variedades de alto rendimiento (López, 2011): transformarlas en abonos. Varias entidades comerciales, cuyo origen de fabricación se encuentra en lugares donde el exceso de deyecciones ganaderas es un severo problema⁶, están desarrollando ensayos en campo y proyectos universitarios en los que se consiga dar una salida práctica a determinados abonos orgánicos estériles, sin presencia de patógenos ni de semillas contaminantes, sin prácticamente hedor en su conservación, manejo y aplicación, o con una alta capacidad de disolución incluso en condiciones de baja humedad

⁶ Este tipo de alternativas a la fertilización directa con residuos ganaderos permitirá seguir indagando posteriormente en una comparativa entre enmiendas y abonos orgánicos, como es el caso del purín porcino de engorde producido en el Valle del Ebro.

en el ambiente, pero que sobre todo, se verifica, frente a otros compuestos orgánicos en fresco, una degradación más progresiva de su materia orgánica en el suelo (aprovechamiento más óptimo y reducción de la contaminación), así como una liberación más controlada de sus nutrientes, y en particular, del nitrógeno (Figura 6).

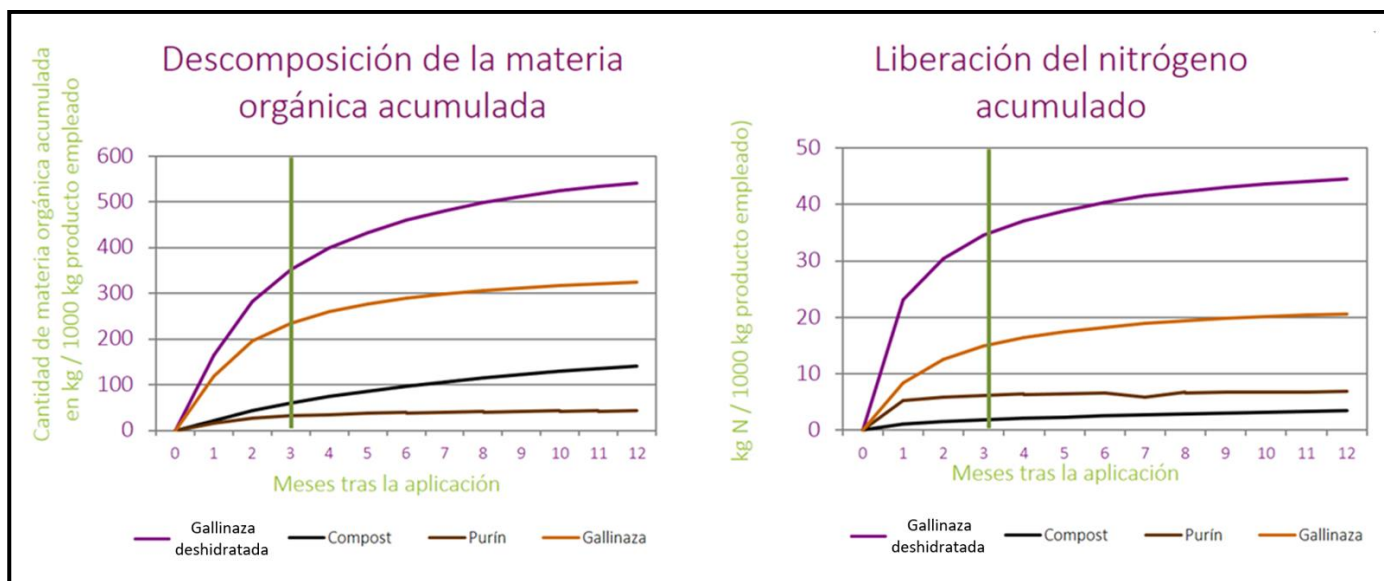


Figura 6. Comparativa de la descomposición de MO y de la liberación de N entre diversos fertilizantes de origen animal y una gallinaza deshidratada comercial (Adaptado a partir de los estudios de la Universidad de Hohenheim para la empresa proveedora del abono que se compara en este ensayo)

A este tipo de abonos se les asocia un producto con un 90% de materia seca y un elevado contenido en micronutrientes (a los que muchas veces no se da importancia en la formulación debido al proceso de desecación al que se someten), por lo que es posible trabajar con cantidades menores de estos insumos optimizando en tiempo, trabajo y costes la labor de la fertilización.

Los resultados de este tipo estudios permitirán a este tipo de productos un estar recogidos en la legislación nacional en los próximos años, de acuerdo con el RD 999/2017 de 24 de noviembre, por el que se modifica el RD 506/2013 de 28 de junio sobre productos fertilizantes, dentro del Grupo 2 de "Abonos orgánicos".

Como complemento a una fertilización orgánica, está empezando a implantarse el empleo de bioestimulantes en la agricultura. Saborío (2002) los define como aquellas

sustancias que, a pesar de no ser un conjunto de nutrientes, un fertilizante, un fitosanitario o pesticida, o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas a bajas dosis generan un impacto positivo sobre ciertas funciones metabólicas de la planta.

El mercado de los bioestimulantes es altamente innovador; ya existe un amplio rango de productos, como compuestos en base a aminoácidos, reguladores de crecimiento, ácidos húmicos y fúlvicos, y en base a extractos de algas marinas. Este elevado rango de compuestos requiere de una regulación eficaz y compartida para el beneficio de los agricultores, los consumidores, la industria y el medio ambiente (www.ideagro.es). Actualmente en España, es el RD 951/2014, de 14 de noviembre, el que regula la comercialización de determinados medios de defensa fitosanitaria, donde se incluiría este grupo de materias activas.

Debido a su compleja y elaborada composición, junto con el numeroso grupo comercial presente en el mercado, se destaca el valor bioestimulante de los extractos de algas marinas, una excepcional fuente proteica y carbonatada capaz de responder a las necesidades nutricionales de los agricultores por vía foliar para no depender del estado del suelo en tanta medida⁷, consiguiendo un aumento final del rendimiento del cultivo y una mayor calidad, y en equilibrio con el medioambiente.

Esencialmente, el contenido de estos organismos se basa en carbohidratos que provienen principalmente de fuentes de nitrógeno fáciles de degradar, como la celulosa, un compuesto soluble que no requiere CO₂ para descomponerse en unidades asimilables para la planta (todo lo contrario que la lignina, de escasa presencia en estos compuestos). Los que cobran una mayor relevancia son aquellos polisacáridos capaces de incorporarse a la matriz de la planta por vía foliar sin que el suelo y la actividad biológica que en él se desarrolla, que también requiere de este tipo de sustancias para realizar sus funciones vitales, inhiba los efectos positivos que confiere al cultivo. Además, son igualmente fuente del resto de compuestos que intervienen en el metabolismo de la planta, como vitaminas, aminoácidos, fitohormonas, esteroides, lípidos y minerales, de manera que son capaces de

⁷ Todo suelo agrícola debe disponer de unas condiciones físicas, químicas y biológicas mínimas para permitir el desarrollo de cualquier cultivo.

nutrir a la planta en todo su conjunto, provocando el equilibrio perfecto para que sean menos susceptibles a factores de estrés abiótico y biótico (García & Martel, 2018).

La fertilización foliar, por lo general, se realiza para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de los macronutrientes, se reconoce que la fertilización foliar solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir a la fertilización edáfica. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis aplicadas al suelo para obtener buenos rendimientos (Salas, 2002), pese a las posibles modificaciones en oligoelementos que se puedan realizar en su composición. En cambio, este mismo autor resalta que en situaciones especiales, en las que es limitante la nutrición mineral vía suelo (sequía, encharcamientos, aplicaciones de pesticidas y fungicidas, heladas, suelos salinos o suelos alcalino-sódicos, entre otros), ésta técnica permite mejorar la eficiencia de la fertilización sólida realizada, reduciendo a la larga, las dosis de fertilizantes de síntesis a aplicar.

Pese al comentado aporte de oligoelementos en su composición, la principal función de estas aplicaciones foliares, y en particular de los extractos de algas marinas, es la de generar efectos sobre el metabolismo del cultivo, tales como el incremento en la eficiencia fotosintética, la estimulación del crecimiento radicular, la mejora del desarrollo de brotes y hojas, cambios en la fisiología de la planta (mejora del sistema inmunológico, favorecimiento de floración, cuajado y formación del fruto) y la disminución de la senescencia (Molina, 2002). Sin embargo, la característica remarcable de estos extractos es la protección que generan sobre las plantas frente a agentes externos, acción conocida como elicitación: mejora del sistema inmunitario de la planta de forma preventiva gracias a la actuación de los polisacáridos sobre ciertos receptores de defensa que reconocen estas moléculas como agentes patógenos. Éstos inician los mecanismos de defensa físico-químicos correspondientes a tales amenazas (SAR, *Systemic Acquired Resistance*), principalmente regulando la expresión de ciertos genes de defensa, como las quinasas, o de ciertas barreras mecánicas o de sustancias antimicrobianas, como las fitoalexinas. Dichos mecanismos se inician al transcurrir 48 horas de la aplicación en campo (Veber, 2016).

Todo ello no tiene otra lectura que el aumento de la calidad de los frutos producidos, tanto en calibre como en propiedades organolépticas, generando finalmente, un mayor beneficio económico para el productor.

Cabe igualmente destacar que todavía existe mucha controversia entre autores en lo que respecta al mecanismo de absorción y su eficacia: si depende de la composición química de la cutícula, de la cavidad estomática, de los ectodesmos y los tricomas de las hojas, de los factores climáticos o la cantidad y el tipo de producto utilizado, etc. (Gutiérrez, 2002; Segura, 2002; Yamada *et al.*, 1964; Marschner, 1995; Allen, 1960). En cambio, e independientemente de este hecho, son destacables las que se recomiendan para su aplicación, siempre basadas en temperaturas suaves (entre 5 y 15°C), una alta higrometría (entre 60 y 80%) y un bajo índice fotosintético (primeras horas del día o últimas de la tarde), favoreciendo al máximo su absorción por la planta.

Sin embargo, de entre los diferentes tipos de algas presentes en el mercado (verdes, rojas y pardas), el RD 999/2017 de 24 de noviembre, sobre la catalogación de productos fertilizantes dentro del Grupo 4 de “Otros abonos y productos especiales”, únicamente recoge la presencia de las algas pardas, grupo al que pertenecen especies como *Ascophyllum nodosum* (4.1.05; Extracto de algas sólido) y *Ecklonia máxima* (4.1.06; Extracto de algas líquido). Esta controversia, en la que se excluyen extractos de algas utilizados durante años en otros países de la Unión Europea provenientes de las especies verdes (*Ulva lactuca sp.*) y rojas (*Chondus crispus*), hacen necesaria una modificación de este RD en los próximos años que permita introducir en el mercado nacional este tipo de productos.

1.3. DEPENDIENTES DE LA CALIDAD DE SUELO

De entre todas las técnicas fertilizantes existentes (orgánicas y minerales, principalmente), no se puede afirmar con certeza si alguna de ellas se ha impuesto sobre las otras en cuanto a preferencia por los agricultores con el paso de los años⁸. Pero como

⁸ El bajo coste de una de ellas (para los propietarios de residuos ganaderos) y la facilidad de aplicación de los fertilizantes minerales, son los principales factores que condicionan la aplicación de una u otra técnica.



todo tipo de vida depende del entorno que la sustenta para su supervivencia, es preciso determinar cuál o cuáles son las que actúan de una manera más óptima para lograr los niveles de producción y sostenibilidad más elevados en los cultivos agrícolas. En este sentido, empieza a utilizarse a principios de los años noventa el concepto de calidad del suelo, que engloba el estudio de la mejora de indicadores físicos, químicos y biológicos del mismo, con un fin concreto, en la producción agraria y durante un tiempo continuado y duradero (Karlen *et al.*, 2003; Jiménez & González-Quñones, 2006). En definitiva, este término se encarga de poner en valor la “fertilidad de suelo”. Por su parte, el hecho de que el suelo sea un recurso natural heterogéneo dificulta la fijación de valores límite de degradación para sus propiedades, por lo que es difícil proponer estándares de calidad universales (Sojka & Upchurch, 1999).

Para poder evaluar la calidad del suelo es necesario tener un conjunto mínimo de datos formados por un número de indicadores diferentes en función de los aspectos del suelo que se quieran evaluar. Para utilizar estos indicadores de un modo razonable deben ser fáciles de medir y de entender, reproducibles, y como es lógico, albergar tanto aspectos físicos, químicos como biológicos (Imaz & Virto, 2010). Además, en función de la tipología de la caracterización a realizar, deben referenciarse a un periodo de tiempo relativo.

La caracterización de los parámetros físico-químicos del suelo ha sido ampliamente adoptada con el objetivo de calcular las dosis fertilizantes necesarias para los cultivos: un análisis de suelo permite obtener datos concretos de los niveles de materia orgánica, de la capacidad de retención de agua, del nivel de pH o de la densidad aparente del suelo muestreado (Anexo I), entre otros, y compararlos entre muestras y resultados variables en el tiempo. Sin embargo, existen igualmente una serie de parámetros sensibles a pequeñas modificaciones a corto plazo como son los bioindicadores. Su rol en la fertilidad, conservación y mantenimiento de los suelos, así como en la estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas y agrosistemas, y su capacidad de recuperación cuando se encuentran sometidos a procesos de degradación, los hace imprescindibles en estudios que evalúen las técnicas de fertilización de suelos agrícolas (Jaizme-Vega, 2010). Entre los bioindicadores se encuentra un amplio número de microorganismos edáficos: los que participan en la fijación de nitrógeno (bacterias del género *Rhizobium*), en la solubilización

de fósforo (hongos formadores de micorrizas arbusculares), en el incremento del crecimiento vegetal (rizobacterias), en el transporte de nutrientes y en la estabilización del suelo (adaptables a diferentes ambientes) (Barea *et al.*, 2005), situaciones claves para garantizar la sostenibilidad del sistema suelo-planta, y consigo, mantener, e incluso aumentar, los niveles productivos para un mejor uso de los aportes fertilizantes.

Los indicadores disponibles para evaluar la calidad de suelo pueden variar de localidad a localidad dependiendo del tipo y uso, función y factores de formación del suelo (Arshad & Coen, 1992). La identificación efectiva de indicadores apropiados para evaluar la calidad del suelo depende del objetivo, que debe considerar los múltiples componentes de la función del suelo, en particular, el productivo y el ambiental. La identificación es compleja por la multiplicidad de factores químicos, físicos y biológicos que controlan los procesos biogeoquímicos y su variación en intensidad con respecto al tiempo y espacio (Doran *et al.*, 1996).

Uno de los bioindicadores con los que más se ha trabajado en la caracterización biológica de suelos son los hongos micorrícicos, muy influenciados por el tipo de manejo del suelo y de fácil medición. Si a esta tendencia se le asocia el incremento de los costes de fertilización (30% del total para un cultivo de cereal en el Valle del Ebro; Lloveras & Cabases, 2015), parece lógico pensar que cada vez se dé más importancia a la presencia de este tipo de microorganismos e incluso se estén desarrollando productos comerciales a base de inóculos con alta capacidad de colonización de las raíces, ya que, de manera natural, además de reducir, al menos en parte, los aportes fertilizantes de síntesis gracias a la mayor exploración del suelo que permite al cultivo hospedador⁹, es posible lograr una mayor protección frente a condiciones ambientales desfavorables, como la falta de agua o la erosión.

No todas las situaciones son las idóneas, en cambio, para que estos hongos generen tal simbiosis con los cultivos hospedadores. Para ello, existen ciertas prácticas que estimulan su presencia en la rizosfera, como la selección de cultivares micótrofos (especies de alta demanda de fósforo soluble –como las leguminosas–, o de pobre sistema

⁹ La mejora en la nutrición del cultivo se consigue, principalmente, gracias a la actuación de los propágulos arbusculares como una parte adicional al sistema radicular, logrando una mejora de la absorción de fósforo.



radical), la rotación de cultivos y/o la combinación de especies micótrofas, o el uso de enmiendas orgánicas. Por su parte, las técnicas culturales que reprimen o directamente eliminan la presencia de este tipo de hongos están relacionadas con las actuaciones que definen la agricultura intensiva, como el uso masivo de pesticidas y fertilizantes de síntesis, o el laboreo intensivo (Dodd & Thomson, 1994). En definitiva, el estado de micorrización de un cultivo se puede ver modificado por las prácticas de manejo desarrolladas sobre él, y por lo tanto resulta de interés adoptar como indicador de fertilidad biológica la medición del nivel de este tipo de microorganismos, junto con otros que permitan obtener mayor información sobre la tendencia de la calidad del suelo en respuesta a determinados manejos.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto es evaluar los efectos de dos estrategias de fertilización, a través de la realización de varios ensayos experimentales sobre el desarrollo de un cultivo de cebada, y sobre algunas de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Una de las estrategias de fertilización planteadas es en parte orgánica (pellets de gallinaza deshidratada como abono de fondo + extractos de algas marinas en cobertera que acompañan a la fertilización de síntesis aplicada en cobertera convencionalmente) mientras que la otra es en base a un abono de síntesis química convencional tanto en fondo como en cobertera.

Como objetivos específicos se plantean:

- Desarrollar y aplicar técnicas que permitan establecer indicadores de la variación de la calidad de un suelo frente a la adición de determinadas enmiendas orgánicas e inorgánicas.
- Establecer un protocolo de trabajo para este tipo de comparativas en zonas de secano y secano fresco como las de Aragón, en general, y de la Hoya de Huesca, en particular, que incluyan una comparativa técnico-económica para cada estrategia de fertilización seleccionada.
- Evaluar el efecto de la adición de determinadas enmiendas orgánicas e inorgánicas sobre el potencial micorrícico de un suelo, la diversidad de microorganismos edáficos y el desarrollo de diversos parámetros agronómicos de un cultivo de cebada.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. TIPOLOGÍA DE LOS ENSAYOS – EMPLAZAMIENTO

La comparativa de estrategias de fertilización se ha planteado en dos condiciones diferentes. Una de ellas a nivel de parcela agrícola, con el objetivo de poder simular condiciones reales de cultivo y consigo, poderla aplicar en un futuro en agricultura, y otra, en condiciones controladas de invernadero, con la intención de corroborar los resultados de campo sobre condiciones más controladas¹⁰, inhibiendo la presencia de aspectos meteorológicos adversos como heladas, sequías, golpes de calor o pedrisco.

El ensayo experimental de campo se ha desarrollado en una parte de una finca de secano cedida por los Hnos. Almudévar (*El Tapiao*) dentro del término municipal de Siétamo, Huesca (Figura 7). El plano con la localización del emplazamiento geográfico dentro del entorno regional y local se detalla en el Anexo II.



Figura 7. Localización de la parcela de ensayo en campo (sigpac.mapa.es)

¹⁰ Es imposible obtener datos que solo actúen bajo la influencia de los abonos utilizados, pues propiedades químicas, y sobre todo, físicas de la tierra empleada, se deterioran drásticamente con la separación de los agregados grandes y con el cribado de la misma.

Por su parte, la comparativa realizada en condiciones controladas de invernadero se ha desarrollado en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Huesca (EPSH) (Figura 8). Las coordenadas UTM correspondientes a la localización de dicha nave son aproximadamente: X = 710.842,54; Y = 4.666.170,64; Huso 30.



Figura 8. Localización del invernadero en la EPSH (sigpac.mapa.es)

3.2. ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA

3.2.1. Climatología y edafología

El territorio que engloba la parcela de estudio pertenece a la comarca de la Hoya de Huesca, ubicada en la zona central de la provincia de Huesca, entre el las sierras prepirenaicas y la depresión del Ebro, surcada por los ríos Gállego, Isuela, Sotón, Flumen, Guatzalema o Alcanadre, entre otros.

Se caracteriza por presentar un clima de transición entre estas dos grandes unidades; mediterráneo con matices continentales con una tendencia creciente a la sequedad (Badía *et al.*, 2006; Cuchí, 2006). Esta ambigüedad se debe a su extensa localización, imperando desde zonas montañosas hasta prácticamente el dominio climático mediterráneo seco y cálido. Esta situación genera que los inviernos sean fríos y

los veranos calurosos, con cambios bruscos de temperatura al final de la primavera y el otoño (junio y noviembre).

En la serie histórica 1981–2010, los datos aportados por la Estación Meteorológica de Huesca–Monflorite y de Loporzano–San Julián de Banzo (puntos de toma de la Agencia Estatal de Meteorología más próximos al emplazamiento real de la parcela de estudio), son de una temperatura media anual de 14,0 °C y una precipitación media anual de 592,1 mm.

Por su parte, las temperaturas son relativamente altas en estas zonas donde el componente altitudinal es mínimo, como consecuencia de la continentalidad del clima. Los valores de temperaturas medias anuales máximas y mínimas son de 19,6 °C y 8,4 °C, respectivamente. El mes con la temperatura media más alta es agosto (23,7 °C), mientras que enero es el que presenta la temperatura media más baja (5,2 °C).

En cuanto a pluviometría, al tratarse de una zona de transición entre las sierras prepirenaicas que reciben abundantes precipitaciones y la árida depresión del Ebro, durante el mismo periodo de serie histórica, se ha registrado que el mes más lluvioso corresponde a octubre (60 mm) mientras que cuando se registran menos precipitaciones es en julio (22 mm). En los meses estivales, la mayor parte de la precipitación es en forma de tormentas mientras que en invierno las lluvias son suaves relacionadas con frentes y chubascos repartidos en el tiempo.

La evapotranspiración potencial anual en la zona, calculada por el método *Thornthwaite* (Sánchez–Almohalla & Montaner, 1988), a partir de datos correspondientes al observatorio referenciado anteriormente de la Estación Meteorológica de Huesca–Monflorite, es de 809 mm. Este cálculo reporta un valor superior al de la precipitación anual (592,1 mm), lo cual genera un déficit hídrico importante que se extiende en el periodo estival durante varios meses.

Centrándonos en el marco temporal en el que se engloba este ensayo, se ha recabado, a partir de las Coyunturas Agrarias de Aragón, información climática mensual más próxima a la zona (Estación Meteorológica Huesca–Monflorite), desde la siembra hasta la cosecha, lo que corresponde a un año agrícola (Tabla 1). Es realmente destacable, y se demuestra en la Figura 9, la gran diferencia entre precipitaciones mensuales, donde

hay meses en los que prácticamente no se registran datos (diciembre y enero), y las de otros (noviembre, marzo y junio) en los que la cantidad ha sido muy alta, lo que ha podido repercutir negativamente en el desarrollo del cultivo (p.e., nascencia y germinación, encañado y/o senescencia).

Tabla 1. Valores mensuales de precipitación y temperaturas durante el periodo de ensayo 2016 - 2017 (aragon.es)

MES (2016 - 2017)	PRECIP. MENSUAL (mm)	PREC. ACUM. AÑO AGRIC. (mm)	Tª MÁXIMA ABSOL (°C)	Tª MÍNIMA ABSOL (°C)	TEMP. MEDIA DE MEDIAS (°C)
SEPTIEMBRE	23,9	23,9	35,6	8,9	21,4
OCTUBRE	41,4	65,3	29,1	2,4	15,6
NOVIEMBRE	146,6	211,9	18,5	0,5	8,7
DICIEMBRE	3,6	215,5	16	-4	4,6
ENERO	5,8	221,3	15,8	-6,9	4
FEBRERO	48,6	269,9	16,3	-0,6	8,3
MARZO	87,0	356,9	25,4	1,3	11,6
ABRIL	19	375,9	25,9	-0,1	13,3
MAYO	38,8	414,7	32,2	2,5	17,9
JUNIO	125,6	540,3	36,7	8,1	23,2

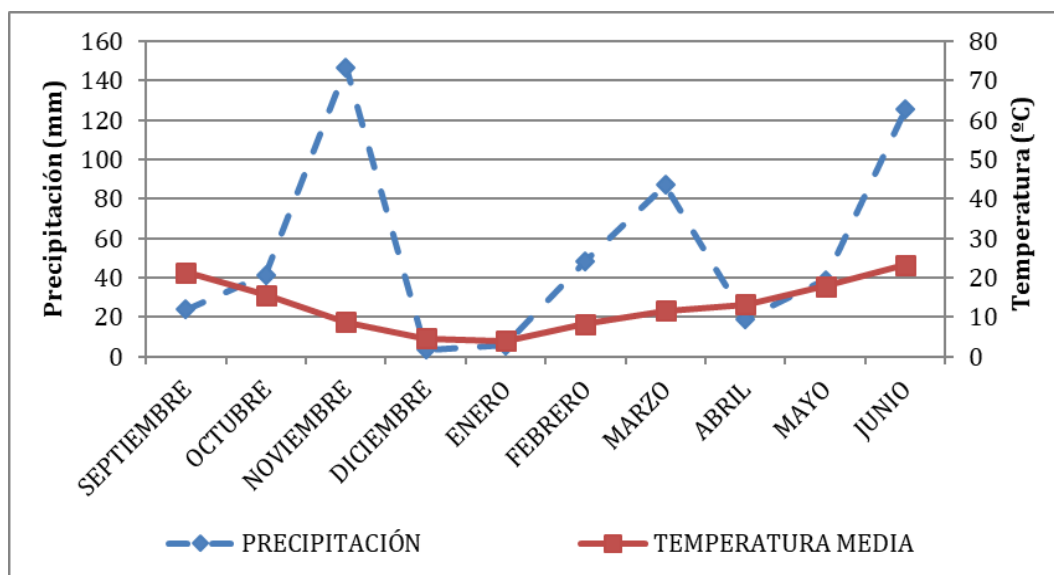


Figura 9. Diagrama ombrotérmico de precipitaciones y temperaturas medias durante el periodo de ensayo 2016 - 2017 (Elaboración propia a partir de aragon.es)

El entorno Valle del Ebro se caracteriza por la formación de un viento fuerte, fresco y seco de dirección Noroeste-Sureste denominado cierzo, originado por la diferencia de presión entre el mar Cantábrico y el mar Mediterráneo. Se puede presentar en cualquier mes del año, aunque es más frecuente en invierno y comienzos de la primavera. Su principal riesgo, en caso de aparecer de manera continuada en forma de fuertes rachas, es que puede potenciar la evapotranspiración y la desecación del suelo. Por su parte, también es común la presencia del bochorno, un viento cálido y seco en dirección Sureste-Noroeste, más común en meses estivales (Badía *et al.*, 2006).

Describiendo la geología del marco que engloba el emplazamiento, la comarca de la Hoya de Huesca es una zona de transición. Está formada básicamente por materiales terciarios, principalmente oligocenos (margas, molasas, conglomerados y algunos niveles de yesos) y miocenos (margas más o menos yesíferas, yesos y calizas poco compactas en forma de lajas), aunque también tiene gran representación el cuaternario en las zonas llanas: aluviales y terrazas, algunas de estas últimas cementadas por carbonatos, en las márgenes del Gallego, Ebro y Cinca; y dentro del oligoceno amplias zonas de cuaternario detrítico, procedente de la destrucción de los materiales blandos que se acumulan en zonas de poca pendiente y depresiones (Guerra *et al.*, 1970).

La base de la edafología de la comarca de la Hoya de Huesca se caracteriza por un predominio de suelos agrícolas, con un total de 150.000 ha (59,4% del total del suelo útil). Esta superficie agraria se divide principalmente en cereales para grano (cultivo mayoritario), leguminosas para grano y cultivos forrajeros, mayormente en secano (45% del total de la producción agraria), cultivos a partir de los cuales se hacen rotaciones continuas evitando cada vez más la resiembra de la misma especie del año anterior¹¹. Poblaciones de almendros y huertos conforman el paisaje agrícola de la Hoya de Huesca en menor medida. Pese a todo ello, el campo aragonés, en general, ha padecido y sigue padeciendo un proceso de abandono y se encuentra materialmente vacío como consecuencia del éxodo rural: la densidad de población en la provincia de Huesca no

¹¹ Según varias encuestas a agricultores de la zona, se decantan principalmente por la rotación cebada-guisante-trigo, con idea de maximizar la producción y favorecer el control de la flora arvense.

alcanza los 14 hab./km², con decenas de municipios con menos de 250 habitantes (Núñez de las Cuevas, 1995).

El área de estudio (Sasos del Alcanadre) se enmarca como zona contaminada por nitratos o en riesgo de estarlo (Figura 10), alcanzando un total de 43.292 ha en dicha localización (aragon.es).

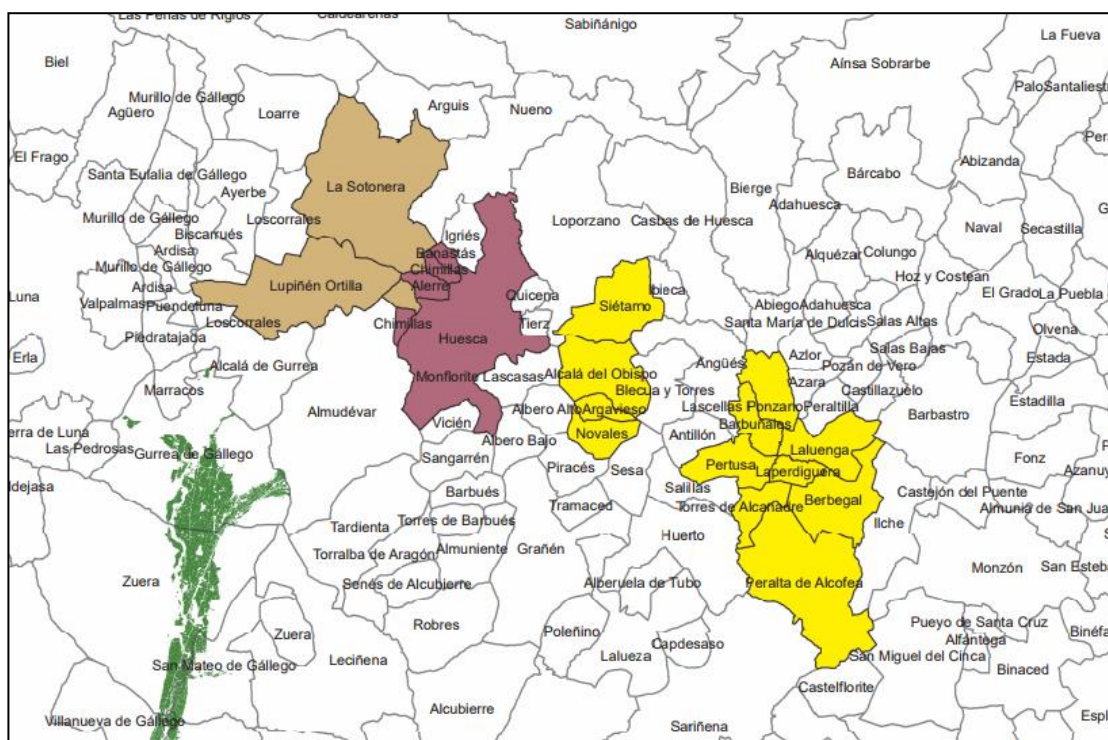


Figura 10. Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos agrícolas en la provincia de Huesca (aragon.es)

3.2.2. Caracterización edáfica

Previamente a la implantación del ensayo, se realizó una caracterización edáfica inicial que permitiese conocer algunos parámetros relativos a las propiedades físicas, químicas y biológicas iniciales de la parcela. Este estudio preliminar permite evaluar a corto y a medio-largo plazo la incidencia que desempeñan las diferentes técnicas de fertilización evaluadas sobre el devenir del suelo, en cuanto a la fertilidad y a la estructura del mismo (www.unenvironment.org; Gómez *et al.*, 2011).

Tras constatar que la superficie del ensayo se podía considerar homogénea en cuanto a la tipología textural del suelo, dato contrastado por la gestión agronómica realizada sobre ella en años anteriores, se estableció obtener una única muestra de suelo formada por 15 submuestras tomadas al azar en toda la parcela de estudio, reduciendo así la variabilidad de muestreo. Dichas muestras se tomaron sobre los primeros 30 centímetros del suelo (retirando la primera capa de restos vegetales) de forma aleatoria [Figura 11, a)], se mezclaron y homogeneizaron convenientemente. El producto del muestreo iba a ser empleado tanto para su análisis físico-químico (0,5 kg aproximadamente) como para su uso posterior como parte del sustrato en el ensayo en invernadero. Para realizar este proceso se dispuso de una barrena Edelman (Van Walt, Reino Unido) de tipo helicoidal de acero combinado [Figura 11, b)].

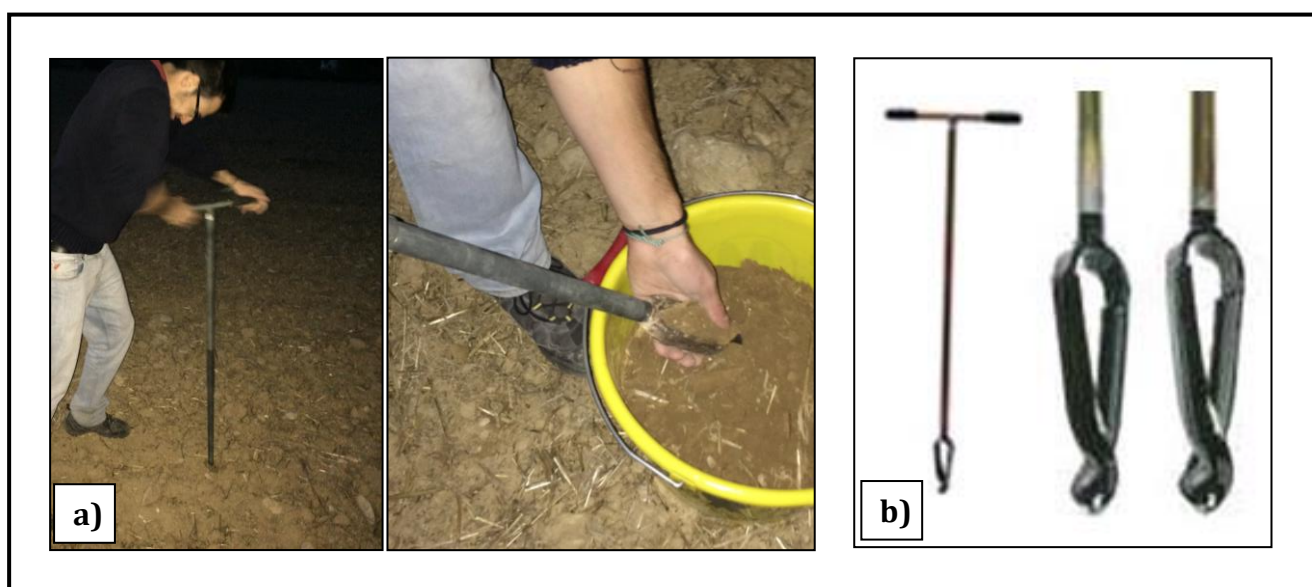


Figura 11. a) Recogida de muestras de suelo en campo, y b) barrena helicoidal para la recogida de muestras de suelo (www.vanwalt.com)

- **Caracterización físico-química**

El análisis de las propiedades físico-químicas del suelo de la parcela de ensayo fue realizado por un laboratorio certificado en colaboración con la Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación (AGRACON).

Detallando los valores obtenidos de los análisis [Tabla 2, resumida del Anexo I, i)], se denota que el marco de estudio en particular, y la parcela *El Tapiao* en general, tiene una textura franca, según la normativa USDA. Este aspecto, en el que la granulometría de tierra es bastante fina y el contenido en arcillas es elevado, influye en la capacidad de retención de agua del suelo, ya que, pese a que el suelo puede presentar una menor permeabilidad, la capacidad de almacenamiento de agua y de nutrientes es mayor. Además, se puede considerar como un suelo calcisol háplico (Ibarra, 2004) caracterizado por su textura franca, con una elevada pedregosidad, pH alcalino, conductividad eléctrica no limitante, pobre en materia orgánica y con un elevado porcentaje de carbonatos (Gaspar *et al.*, 2014).

Tabla 2. Resultados de los análisis de suelo previos a la implantación del cultivo

Análisis	Unidades	Resultado
Arena (0,05 - 2 mm)	%	35,5
Limo (0,02 - 0,002 mm)	%	44
Arcilla (< 0,002 mm)	%	20,5
Conductividad eléctrica	dS/m	0,18
Carbonato cálcico	%	29
pH		8,34
Materia orgánica	%	1,78
Nitrógeno (NO ₃)	ppm	5
Fósforo soluble (P ₂ O ₅)	ppm	14,3
Fósforo total (P)	ppm	870
Potasio (K ₂ O)	ppm	258
Calcio (Ca)	ppm	6725
Magnesio (Mg)	ppm	80
Sodio (Na)	ppm	16

Destacando el aspecto del contenido en carbonato cálcico, éste incide negativamente sobre el devenir del cultivo que soporta, ya que conlleva el bloqueo de la absorción de fósforo y de la mayor parte de los micronutrientes cuando los pH son alcalinos (Figura 12). Todo esto concuerda con la escasa presencia de fósforo soluble (P₂O₅) pese a la gran cantidad de fósforo total (P) presente en el suelo y los escasos niveles de materia orgánica (< 2%).

Los niveles de los macronutrientes, según las referencias aportadas por el laboratorio analítico para el cultivo de cereal, son denotados como “normales” en nitrógeno, fósforo y sodio, “altos” en potasio y calcio, y “bajos” en magnesio.

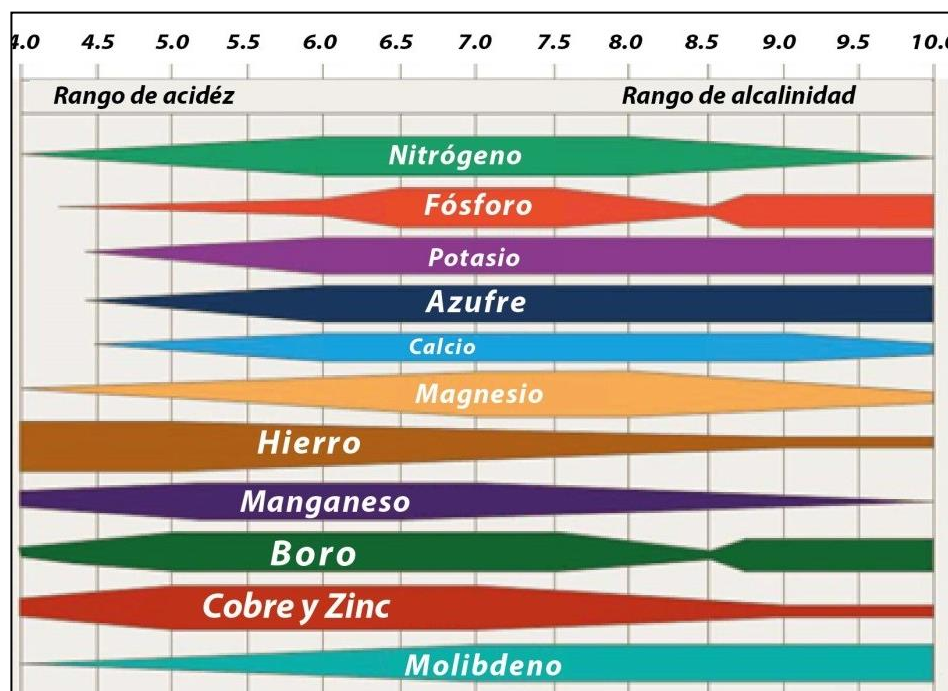


Figura 12. Clasificación de la disponibilidad de elementos nutritivos por la planta en función del pH del suelo (Truog, 1951)

- **Caracterización microbiológica**

Otro de los objetivos expuestos al inicio del proyecto trataba de determinar las variaciones biológicas en el sistema suelo-planta-microorganismos debido a la adición de los distintos compuestos abonados. Para ello, y siguiendo el mismo plan de trabajo que el expuesto con el análisis físico-químico, se realizó una caracterización biológica previa en colaboración con la Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación (AGRACON) a través diferentes metodologías que aportaron información sobre los siguientes parámetros del suelo:

- Potencial micorrícico

Para cuantificar la cantidad de propágulos presentes en el suelo se siguió la técnica del Número Más Probable de propágulos micorrícicos (*Most Probable Number*; Porter, 1979). Este método determina la capacidad de las poblaciones presentes en el suelo para generar infección micorrícica y que, con el paso de los ciclos de cultivo, sea posible generar una tendencia de desarrollo en función de técnicas culturales (abonado y laboreo, principalmente) empleadas. Para que tal simbiosis sea efectiva es necesario que las esporas fúngicas que han colonizado el cultivo hospedador germinen dando lugar a una hifa [Figura 13, a)]. A partir del contacto de la hifa con la superficie de la raíz, el hongo se diferencia formando un “apresorio” que entra y se desarrolla en el interior de la raíz. Una vez colonizada la raíz, se desarrolla un micelio externo en la zona alrededor de la misma, avanzando grandes distancias, más allá de los pelos radicales [Figura 13, b)]. Este micelio está capacitado para absorber nutrientes más allá de la zona que rodea la raíz, reduciendo la distancia entre la planta y dicho nutriente (Jaizme-Vega, 2010).

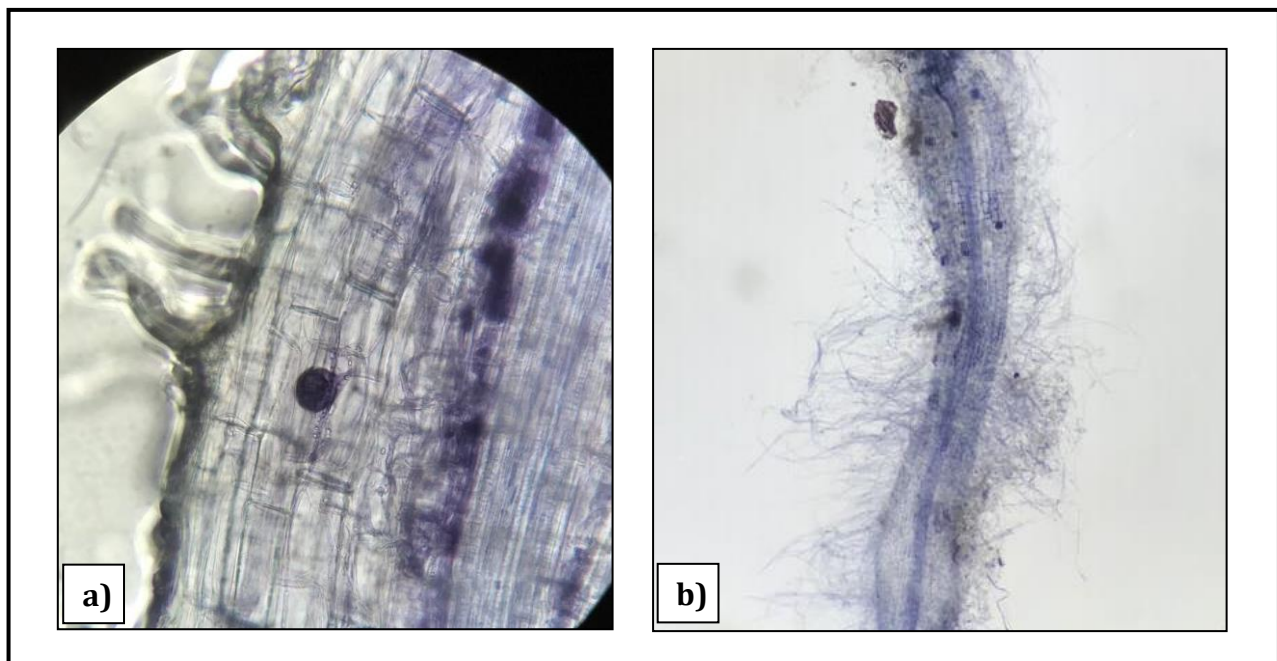


Figura 13. Vista al microscopio con objetivo de 40X de a) una espora germinando; b) micelios arbusculares prolongándose sobre las raíces secundarias

Para desarrollar este método, se empleó gravilla previamente esterilizada combinada, en diferentes proporciones, con el suelo de la parcela que anteriormente se secó a temperatura ambiente y posteriormente se pasó por un tamiz de 2 mm. Se realizaron cinco repeticiones seriadas de diluciones crecientes de suelo (1/1, 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000), como puede observarse en la Figura 14, para cultivar una especie hospedadora de crecimiento rápido (cebada). Las semillas pre-germinadas de cebada se colocaron en las bandejas a razón de una por alveolo.



Figura 14. Bandeja sembrada con diluciones del suelo preliminar

Se utilizaron unas bandejas de polietileno con alveolos de 60 cm³ de volumen, por lo que se prepararon las diluciones de la siguiente manera:

10 ⁰	1/1	300 cm ³ suelo
10 ⁻¹	1/10	30 cm ³ suelo + 270 cm ³ gravilla
10 ⁻²	1/100	30 cm ³ disolución 10 ⁻¹ + 270 cm ³ gravilla
10 ⁻³	1/1000	30 cm ³ disolución 10 ⁻² + 270 cm ³ gravilla
10 ⁻⁴	1/10000	30 cm ³ disolución 10 ⁻³ + 270 cm ³ gravilla

Tras dos meses de cultivo, se estudiaron las raíces de cada tratamiento para determinar la presencia o no de la simbiosis mediante la estimación de la colonización

radical por micorrizas vesículo–arbusculares (HMA) de las plantas. Dentro de las diferentes técnicas existentes para observar la presencia de la simbiosis y de las estructuras de las micorrizas arbusculares, según Vierheilig *et al.* (1998) se determinó que no existen diferencias en el grado de colonización de la raíz cuando las raíces de las diferentes familias fueron teñidas con diferentes reactivos –, por lo que se decidió trabajar con el método estándar, debido a su extendido uso: la tinción con azul de tripano o Tripán, un reactivo que indica correctamente la presencia de micorrizas arbusculares (endomycorrizas, exclusivas de cultivos herbáceos) (Phillips & Hayman, 1970; Koske & Gemma, 1989). Posteriormente, a través de la observación al microscopio óptico se establecieron signos positivos o negativos, en función de la presencia o ausencia de micorrizas, a cada una de las muestras por alveolo, lo que permitió tratar los datos con las tablas probabilísticas de Fisher & Yates (1970) y obtener el potencial micorrícico para cada suelo.

El potencial micorrícico obtenido para ese suelo fue de 11/5 (11 positivos y 14 negativos), valor que transcrito sobre dichas tablas probabilísticas y su consiguiente reconversión resulta de un valor de 0,45 propágulos micorrícicos/cm³ de suelo.

- Análisis cuantitativo de algunas poblaciones microbianas

La toma de muestra en todos los análisis se realizó en condiciones asépticas y se siguieron las indicaciones dictadas por la Norma ISO 6887-1:1999¹². Una vez seleccionadas las muestras, cada unidad analítica (25 g) se colocó en una bolsa de *stomacher* estéril provista de filtro de celulosa. Para los grupos microbianos estudiados se utilizó, como diluyente de la unidad analítica, agua de peptona al 0,1% (Merck, Darmstadt, Alemania), y se homogeneizó en un Stomacher Lab-Blender Circulator 400 (Seward Laboratory, London, England) durante 2 minutos a 260 rpm.

En cuanto al análisis cuantitativo de microorganismos alterantes, los grupos microbianos estudiados y su correspondiente Norma ISO, se detallan en la Tabla 3.

¹² Norma referida a las reglas generales para la preparación de la suspensión inicial y las diluciones decimales en microbiología de los alimentos para consumo humano y animal.

Tabla 3. Grupos microbianos analizados y su normativa ISO y metodología

GRUPO MICROBIANO	NORMATIVA ISO	MÉTODO DE SIEMBRA	MEDIO DE CULTIVO	CONDICIONES DE INCUBACIÓN
Microorganismos aerobios mesófilos totales	ISO 4833:2003	Masa 1 ml	Agar PCA (Merck)*	30 °C/ 72 h/ Aerobios
F ^a <i>Enterobacteriaceae</i>	ISO 21528-2:2004	Masa 1 ml	Agar VRBG (Merck)* doble capa	37 °C/ 24 h/ Aerobios
Microbiota (Mohos y Levaduras)	ISO 21527:2008	Superficie 0,1 ml	Agar DRBC (Merck)* + gentamicina 0,1%	25 °C/ 72 h/ Aerobios

*PCA: agar de recuento en placa; CFC: ceftrimida, furazina, cefaloridina; VRBG: cristal violeta, rojo neutro, bilis y glucosa; DRBC: dicloran, rosa de bengala, coranfenicol.

Estos medios de cultivo se prepararon siguiendo las indicaciones del etiquetado de los medios y de la normativa ISO 11133-1:2009¹³. Tras autoclavar (salvo el medio VRBG), los medios de cultivo se dispensaron en placas de Petri, y se dispusieron boca abajo cubiertos con papel de filtro durante 24 horas hasta su utilización. Aquellas placas no utilizadas en el momento, se conservaron bajo refrigeración.

Además de las comunidades microbianas descritas anteriormente, se preparó un medio selectivo para hongos del género *Trichoderma*, TSM (*Trichoderma Selective Medium*) (Askew & Laing, 1993), como otro indicador de la fertilidad biológica de los suelos, resultando positiva su presencia en el suelo de la parcela.

Los valores obtenidos para cada grupo microbiano (Figura 15), con tres repeticiones de cada muestra, y realizando conteos de las placas a los 4 y 7 días desde su incubación, permitirán, una vez transcurrido el ciclo del cultivo, determinar si la adición de unas u otras soluciones nutritivas modifican significativamente su presencia.

¹³ Normativa referida a la guía para las directrices generales para el aseguramiento de la calidad para la preparación de medios de cultivo en el laboratorio, en base a la microbiología de los alimentos para consumo humano y animal.

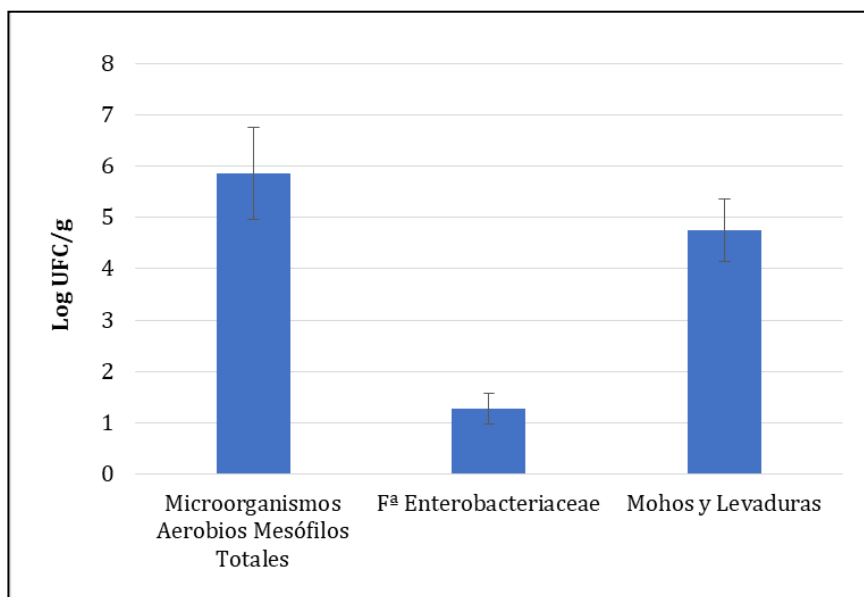


Figura 15. Media y desviación típica de las unidades formadoras de colonias para cada uno de los grupos microbianos analizados

3.2.3. Material vegetal

El cultivo seleccionado para el ensayo experimental fue la cebada de dos carreras (*Hordeum vulgare* L.). Dentro del cuadro de rotación de la explotación de los Hnos. Almudévar, este cereal se ha seleccionado por la repercusión económica que presenta tanto a nivel mundial (cuarto cultivo agrícola; 141,2 millones de toneladas en 46,9 millones de hectáreas; www.fao.org/faostat/es), en la agricultura nacional, en general, alzándose como la especie más implantada (47%; www.mapama.gob.es), así como en la provincia de Huesca en particular, donde también se alza como el mayoritario en superficie y producción (186.719 ha y 710,368 miles de toneladas; www.mapama.gob.es), gracias a su buena adaptación a zonas de poca lluvia en primavera (necesidades hídricas y nutritivas más importantes al comienzo del ciclo, desde el final del estado de zurrón hasta la fase de espigado; López, 2011) y en suelos francos o ligeramente arcillosos (como es el caso de estudio), y a su doble aptitud como cereal-pienso. Además, esta especie es más tolerante que otros cereales a los suelos básicos (López, 2011).

Según valores medios (López, 2011), las necesidades nutricionales en cuanto a los macroelementos para el cultivo de cebada siguen la relación descrita en la Tabla 4. Estos

datos, junto con los del resto de oligoelementos (mucho más difíciles de cuantificar), deberán estar disponibles para la planta durante todo el ciclo de cultivo, y gracias a los análisis físico-químicos expuestos en el apartado *Caracterización edáfica previa al ensayo*, *Caracterización físico-química*, se determinarán las dosis necesarias a aportar al suelo para obtener las producciones estimadas.

Tabla 4. Extracciones medias de nutrientes en cebada en las partes aéreas (grano y paja)
(Adaptado de López, 2011; Orús *et al.*, 2011)

kg de nutrientes / 1000 kg de grano producido					
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
24 – 32	9 – 15	20 – 35	5,2	10	4,1

La variedad de cebada empleada, debido a su buena adaptación a la zona, fue *Meseta*¹⁴ (Figura 16). De ciclo R-2 y certificada por el Grupo Borau (Huesca), presentaba un peso de 1000 granos de 43,53 g¹⁵, cuantificado como se muestra en la Figura 17.



Figura 16. Variedad de cebada *Meseta* y su semilla, respectivamente (www.genvce.org)

¹⁴ Variedad facilitada por los Hnos. Almudévar debido a su extendido uso en su explotación (incluso en el entorno de las bandas de estudio).

¹⁵ El resultado se obtuvo tras calcular la media con tres mediciones establecidas de 43,5, 43,5 y 43,6 g, respectivamente.



Figura 17. Cálculo del peso de mil granos de la semilla de cebada de campo *Meseta*

Se trata de una variedad de ciclo largo (invernal) para producción de pienso, obtenida por la empresa francesa *Florimond Desprez* en 2006 y cuyas características varietales se describen en la Tabla 5. Es considerada como la variedad de invierno más sembrada en España, ya que su fecha de madurez precoz le hace obtener un grano con excelente peso específico en todas las circunstancias.

Tabla 5. Características varietales de cebada *Meseta* (www.genvce.org)

Morfología	<i>Planta</i>	Altura media - baja, porte postrado y presencia de vellosidades en la vaina inferior
	<i>Hoja</i>	Fuerte intensidad en la pigmentación de las aurículas
	<i>Grano</i>	Vellosidades en las raquillas largas y derechas de color rojo
	<i>Espiga</i>	Presenta 2 carreras fértiles y una glauscencia débil - media
Producción	<i>Ahijamiento</i>	Medio - alto
	<i>Peso de 1000 granos</i>	Medio
Calidad	<i>Peso específico</i>	Alto - muy elevado
	<i>Calibre</i>	Medio
	<i>Contenido en proteína</i>	Medio
	<i>Destino</i>	Pienso
Ciclo	<i>Fecha de siembra</i>	15/10 - 31/12
	<i>Encañado</i>	Medio
	<i>Espigado</i>	Medio - precoz
	<i>Madurez</i>	Media - precoz
Tolerancia frente a enfermedades	<i>Oidio</i> <i>(Erysiphe graminis f. sp. hordei)</i>	Media - alta
	<i>Roya parda</i> <i>(Puccinia recondita f. sp. hordei)</i>	Media
	<i>Rincosporiosis</i> <i>(Rynchosporium secalis)</i>	Media
	<i>Encamado</i>	Media

3.2.4. Estrategias de fertilización seleccionadas

Las estrategias de fertilización seleccionadas para la comparativa y las descripciones de las entidades comerciales que trabajan con ellas fueron las siguientes:

- **Tratamiento control (T0)**

Como muestra de referencia frente al resto de tratamientos, se dejó una serie de bandas sin realizar ningún aporte fertilizante diferencial en fondo.

- **Tratamiento orgánico (T1)**

Combinación de próxima introducción en el sector a base de gallinaza desecada y peletizada, junto a una adición foliar de un extracto de algas en cobertera.

- Abonado de fondo: 250 kg/ha.

Gallinaza deshidratada peletizada (90% de materia seca), de amplia riqueza en elementos nutritivos (Tabla 6) y de alto contenido en materia orgánica (65%). El nitrógeno que contiene es en un 75% orgánico (el restante en forma amoniacal).

Tabla 6. Unidades nutritivas presentes en la fórmula del abono de fondo en el tratamiento orgánico (Elaboración propia a partir de los datos aportados por la entidad comercial)

%	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	Cl
	4,25	3	2,5	1	9	0,5	0,5
mg/kg	Cu	Mo	B	Fe	Na ₂ O	Mn	Zn
	70	2	28	900	4	350	400

Posee un bajo valor en la relación C/N (entre 6 y 16) en su composición, lo cual, favorece el proceso de descomposición de la materia orgánica en materia mineral (tanto las contenidas en suelos como de los restos del cultivo anterior), que poseen generalmente una relación C/N superior (en torno a 19). Asimismo, la presencia de agua, bacterias, hongos, O₂ y T^a en concentraciones adecuadas, ayuda a optimizar el proceso de transformación de la materia orgánica a elementos asimilables gracias a su elevado contenido en materia seca.

- Abonado foliar: 2 L/ha.

Extracto de algas marinas verdes y rojas (*Ulva lactuca* sp. & *Chondus crispus*) enriquecido en micronutrientes específicos (sulfato de manganeso; 7,5% en manganeso y 13% en trióxido de azufre), específico para satisfacer las necesidades del cultivo tras la salida del periodo invernal y ayudarle a sobreponerse a las situaciones de estrés los meses posteriores a la germinación (cambios de temperatura, sequía, aplicaciones fitosanitarias, etc...) gracias a sus propiedades como fitoestimulador de la planta.

Este producto permite una potenciación del desarrollo vegetativo del cultivo en la fase de ahijamiento, incidiendo sobre aspectos como el aumento en el almacenamiento y la transformación de energía, en la subida vertical de los azúcares, en la estimulación del proceso de fotosíntesis y sobre el crecimiento radicular al inicio de la primavera, como ya se anticipa en el apartado de *Alternativas hacia una fertilización racional*.

Ambos productos pertenecientes a este tratamiento fueron provistos por la entidad comercial, Olmix Group. Pese a estar reconocidos como abonos CE por el Reglamento 2016/1618 de la comisión de 8 de septiembre de 2016, por el que se modifica el Reglamento 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los abonos, están en proceso de evaluación para su intromisión en el mercado nacional dentro del RD 999/2017 de 24 de noviembre, sobre productos fertilizantes.

- **Tratamiento mineral (T2)**

Enmienda de síntesis química de previo uso en la explotación, que ha permitido obtener altas producciones medias (entre 4.000 y 5.000 kg/ha), con la intención de asemejarse al máximo a las técnicas de fertilización de la zona.

- Abonado de fondo: 300 kg/ha.

Complejo NPK (8-12-12) formulado con Fosfato de Gafsa que potencia la actividad biológica del suelo y estimula la vida microbiana gracias a una buena solubilización del fósforo, a la fijación biológica del nitrógeno y a la movilización del potasio, entre otros aspectos. Además, favorece un mayor desarrollo radicular y vegetativo de los cultivos, permite un aprovechamiento masivo, por parte de las plantas, de los nutrientes del suelo y de los abonos, y favorece la resistencia al estrés hídrico.

Este producto fue aportado por la empresa de Huesca, Grupo Borau, S. L. También reconocido como abono CE por el Reglamento 2016/1618 de la comisión de 8 de septiembre de 2016, pero que debido a su uso desde hace varios años en el mercado nacional, se incluye en el RD 999/2017 de 24 de noviembre, sobre productos fertilizantes,

dentro del Grupo 1 de “Abonos inorgánicos nacionales”, Subgrupo 1.1 “Abonos inorgánicos con nutrientes principales”.

El tratamiento mineral no fue complementado por la aplicación de ningún abonado foliar en cobertera, siguiendo con las técnicas de trabajo convencionales de la explotación.

En cobertera, todos los tratamientos fueron completados con un abono nitrogenado en base a una mezcla de sulfato de amonio – urea [$\text{SO}_2(\text{NH}_2)$], al 40% de N; 14% de S con el objetivo de paliar, por un lado, las crecientes demandas en nitrógeno por parte de la cebada (y del resto de cereales de invierno) a partir de inicio de ahijamiento, así como los déficits en la reserva del suelo de este mismo elemento tras los ya lejanos abonados de fondo. A pesar de descender el nivel fertilizante de nitrógeno en relación a la urea pura (\downarrow 6%), esta forma nitrogenada permite una transformación a forma nítrica más rápida que la ureica (previa disponibilidad para el cultivo). Asimismo, su contenido en azufre contrarresta las carencias que aparecieron inicialmente en los análisis físico-químicos realizados.

Las dosis establecidas en cada uno de los tratamientos siguen las recomendaciones establecidas por cada entidad comercial, de acuerdo a los condicionantes edáficos del suelo, así como a los niveles productivos medios esperados, todo ello en consonancia con las necesidades nutritivas de los cultivos descritas en la Tabla 4.

3.2.5. Diseño experimental

Las prácticas objeto de este estudio se enmarcan dentro de la misma parcela de *El Tapiao* (Anexo III) bajo el mismo diseño estadístico, “bloques completos al azar” con 4 repeticiones por cada uno de los 3 tratamientos dentro de la misma parcela donde el factor variable entre ellos únicamente era la estrategia de fertilización utilizada. La disposición de dichas bandas se dispuso de la forma que se detalla en la Figura 18 y en el plano del Anexo IV (de Oeste a Este), teniendo en cuenta que en ningún momento dos mismos tratamientos se solaparan.

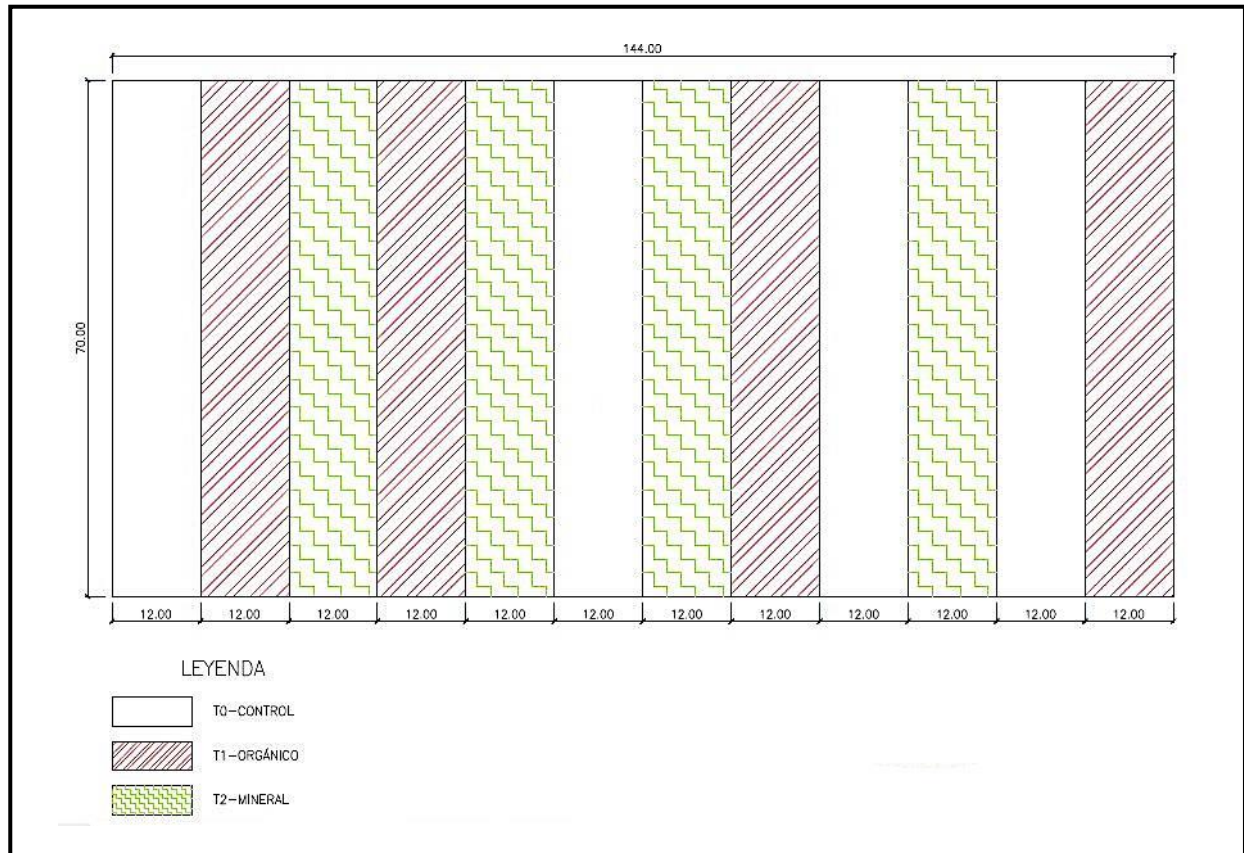


Figura 18. Disposición esquemática de las diferentes bandas dentro de la parcela (Elaboración propia)

El cultivo precedente en la parcela fue el trigo (*Triticum aestivum*), variedad *Nogal*.

3.2.6. Técnicas culturales

La delimitación de las parcelas de ensayo se estableció con el uso de varillas de hierro (reas), cubiertas con una tubería de goma y una porción de cinta de señalización de obra para su mejor visualización, junto con crotales, que permitían la demarcación del tratamiento que contiene cada una de las bandas (Figura 19). La referencia de las mismas se inicia con el T0 en la parte más oriental de la parcela, continuando hacia el Oeste, donde acaba en uno de los extremos con el respectivo T1 (revisar Figura 18).

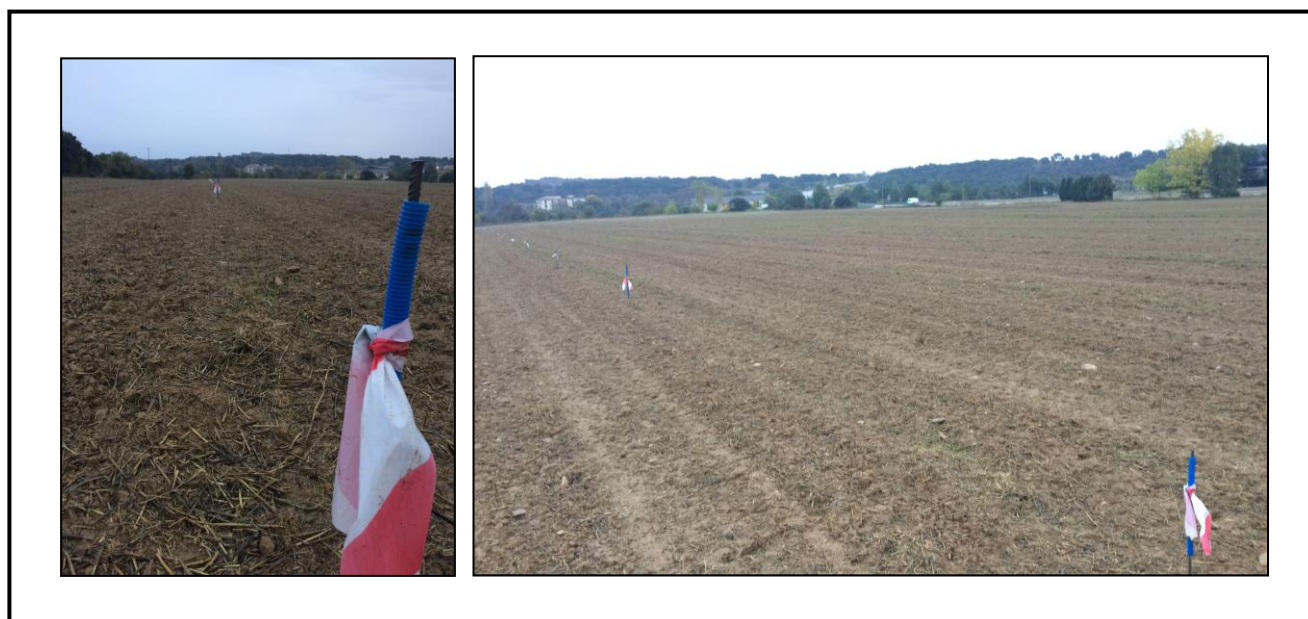


Figura 19. Demarcación y delimitación de las bandas

Las dimensiones de las parcelas de cada tratamiento, favoreciendo las magnitudes de los aperos empleados, se establecieron en un marco de 12 x 70 m (revisar Figura 18 y/o Anexo IV). Para evitar interferencias entre tratamientos y con el resto de la parcela (igualmente cultivada) y para poder realizar los muestreos correctamente sin dañar en exceso las bandas, previo al momento de floración del cultivo de cebada (inicio de abril), se creó un pasillo de 60 cm entre cada una de ellas, así como en las cabeceras (30 cm al inicio y otros 30 al final), dejando finalmente la superficie de trabajo unitaria en 11,40 x 69,40 m (791,16 m²). Este proceso se llevó a cabo con un herbicida total (glifosato), de manera que no se alterara en absoluto la superficie de suelo.

Posteriormente, tras discutir la mejor manera de llevar a cabo la fertilización de las bandas T1 y T2, y que permitiera realizar una distribución uniforme de los abonos, se decidió la aplicación de éstos con una sembradora mecánica de botas EUROSEM 888 (Solà, Calaf, España) de 4 metros de longitud de trabajo¹⁶ (Figura 20). Realizando 3 pasadas para conseguir bandas de 12 metros con cada tratamiento, fue posible generar una homogeneidad que con abonadoras convencionales, que requieren de una superposición en las aplicaciones, impedirían que ésta fuera tan precisa en todas las parcelas. Además,

¹⁶ Sembradora de 33 brazos, ancho real de 4,23 m, capacidad de tolva de 920 L y 1090 kg de peso total.

destacar la ventaja de que al hacer un abonado en profundidad (5 cm), se evita, por un lado, el desplazamiento del mismo (evitar su movilidad una vez enterrado), así como, favorecer su degradación en la zona de influencia de la semilla durante los primeros estadios, siendo más inmediata y eficaz su asimilación.



Figura 20. Sembradora EUROSEM 888 (Solà) para la aplicación del abonado de fondo

Como nunca antes se había probado esta técnica de abonado, fue preciso calibrar las aperturas de la sembradora para realizar una aplicación con las dosis requeridas a cada tratamiento. La apertura, inicialmente, se estableció comparando las dimensiones del abono con las de las semillas utilizadas en el catálogo de la máquina. De este modo, y para ambos tipos de abono, como se muestra en la Figura 21, el dosificador se estableció en la posición “DOS”, un paso ancho y dentado para semillas normales y grandes, y la palanca en la posición “A”, totalmente a la derecha, un paso ancho.

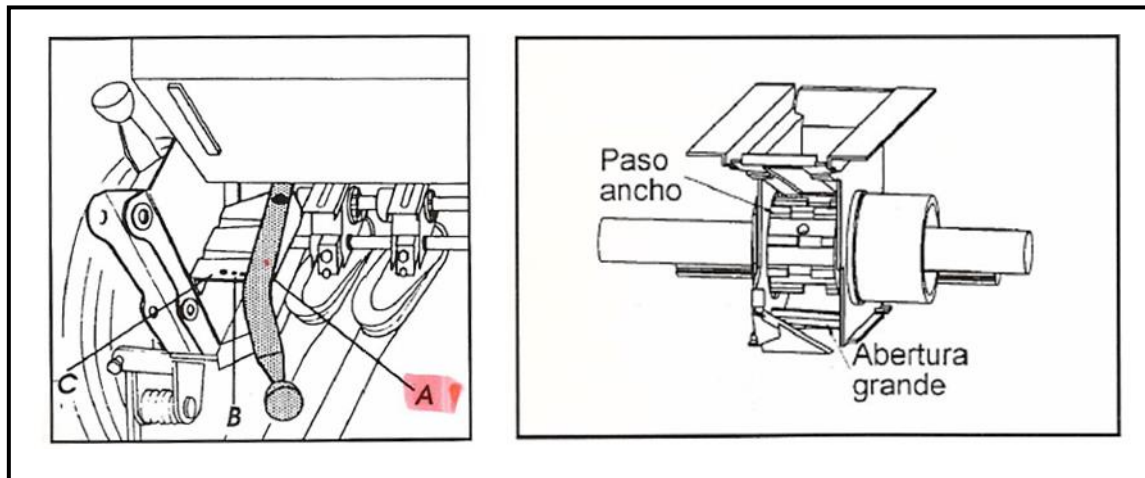


Figura 21. Esquema de los dosificadores de la sembradora (Manual de la sembradora EUROSEM 888, Solà)

Para conocer las dosis a aplicar en cada tratamiento, éstas se calcularon pesando la cantidad depositada sobre la barra de medición de la sembradora tras generar 26 vueltas a la rueda multiplicado por 40, peso estipulado a lo largo de una hectárea (sistema de determinación establecido por la entidad comercial). En cambio, debido a las diferencias de granulometría y densidad de cada fertilizante, fue preciso alternar la posición de la palanca del dosificador del fondo móvil y la del variador (Figura 22 a) y 22 b)):

- **Gallinaza deshidratada:** este granulado medio de entre 3,5 a 4,5 mm de diámetro y densidad de 0,645 kg/L supuso una apertura de 5 en la palanca del dosificador del fondo móvil y de 62,5 en la apertura del variador, para la distribución requerida.
- **Complejo NPK:** para este abono granulado de densidad de 1,106 kg/L se determinó que la apertura de la palanca del dosificador del fondo móvil sería de 3 y de 30 en la apertura del variador, logrando la distribución requerida.

La cantidad aportada por cada bota era prácticamente idéntica, lo que aseguró una posterior distribución sobre la parcela lo más homogénea posible.

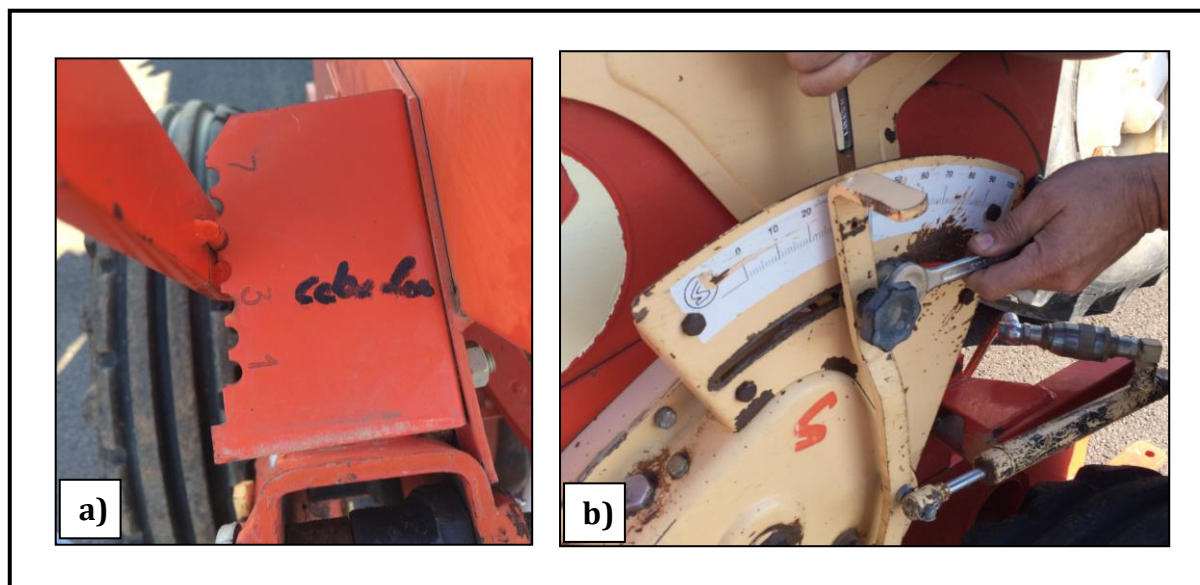


Figura 22. a) Disposición de las palancas del dosificador del fondo móvil y b) del variador de la sembradora para el ajuste de la dosis de abonado

Prevía calibración del autoguiado en la explanada de pruebas, donde se comprobó una precisión de entre 1 y 1,5 cm¹⁷, se procedió al abonado de las bandas en sentido Norte-Sur con las disposiciones de los distribuidores como anteriormente se especifica para ambos abonos (Figura 23).

¹⁷ Esta precisión permitió delimitar automáticamente la amplitud de 12 metros de cada parcela sin generar apenas heterogeneidad.



Figura 23. Abonado de las bandas de ensayo

Esa misma tarde, se procedió a la siembra conjunta de la parcela de ensayo como de la finca que la contenía (*El Tapiao*) (Figura 24). El equipo utilizado fue una sembradora neumática Kverneland Pneumatic DV (Kverneland, Noruega) de siembra convencional con botas plegables por accionamiento hidráulico, junto con un cultivador y un rodillo de mínimo laboreo¹⁸. Este apero permitió una profundidad de siembra de entre 3 y 5 cm, con el fin de generar a posteriori un tallo muy grueso, un rizoma corto, una buena resistencia al hielo, un ahijamiento múltiple (entre 6 y 10 hijuelos), un enraizamiento potente (bulbo de 5 cm de anchura y 10–12 de profundidad) y poca competencia entre plantas (muchas espigas con baja densidad).

¹⁸ Posee un ancho de trabajo de 6 metros, 48 brazos y una capacidad de tolva de 1650 L.



Figura 24. Siembra de las bandas de ensayo y de la parcela que las contiene

La densidad de siembra, controlada con el equipo informático de la sembradora se estableció en 200 kg/ha, determinando una densidad media aproximada de 441 plantas/m².

La siguiente operación, con el estadío de producción de hojas ya avanzado, hasta Z1.5 (5 hojas en el tallo principal; Zadoks *et al.*, 1974) sobre el conjunto de la parcela de estudio, consistió en el abonado de cobertera nitrogenado, detallado en tipo y dosis en el apartado de *Estrategias de fertilización seleccionadas*.

Pocas semanas después, con ya iniciada la fase de ahijamiento en todas las bandas (estado Z2 en la escala de Zadoks; Zadoks *et al.*, 1974) se procedió a la aplicación del extracto de algas marinas (Figura 25) únicamente como complemento de las 4 bandas del tratamiento orgánico (T1). Se realizó con un pulverizador de barras neumático AMP Sprayers (Villobí d'Onyar, España) de 18 m de ancho de trabajo del cual se cerraron algunas boquillas para establecer un pase preciso al ancho de las bandas de ensayo (12 m). Siguiendo las recomendaciones comerciales, el producto se empleó a 2 L/ha disueltos en 200 L de agua.



Figura 25. Aplicación del extracto de algas marinas pulverizado

En el conjunto de bandas no se observaron infecciones fúngicas perjudiciales sobre el cultivo ni poblaciones de malas hierbas de hoja estrecha ni de hoja ancha lo suficientemente elevadas como para dañar la competencia del desarrollo de la cebada, por lo que se decidió no tratar con productos fitosanitarios para el control de hongos, plagas o flora arvense.

Como labor final, se cosechó cada una de las bandas con una cosechadora Claas Lexion 660 (Claas, Harzewinkel, Alemania) de 6 metros de corte (Figura 26) de manera individualizada, para posteriormente, poder pesar lo recolectado en cada tratamiento.



Figura 26. Cosecha de las bandas de ensayo

Finalmente, en la Figura 27 se recogen resumidos todos los tratamientos realizados en el conjunto de bandas de estudio a lo largo de toda la campaña, con sus fechas de actuación, asociados a pequeñas variaciones dentro de cada tratamiento.

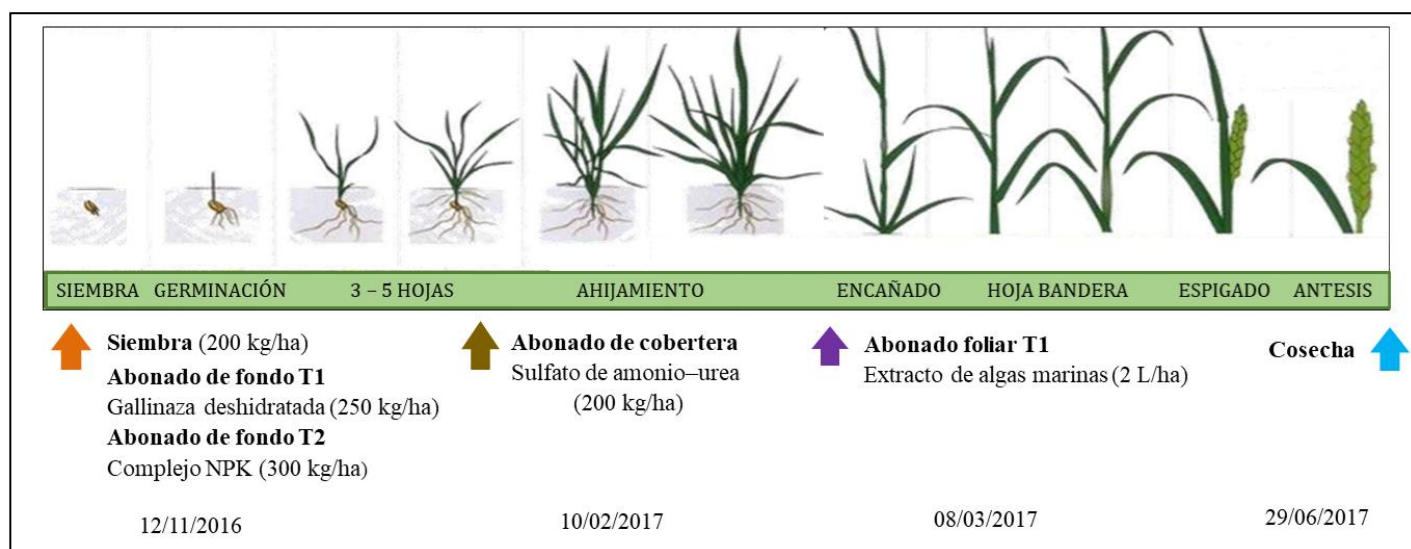


Figura 27. Técnicas culturales realizadas sobre la parcela de ensayo (Elaboración propia)

Destacar que la mayoría de estas aplicaciones (dosis de siembra, y dosis del abonado de fondo y de cobertera) se llevaron a cabo siguiendo prácticas culturales previas en la explotación de los Hnos. Almudévar.

3.2.7. Seguimiento agronómico

Se realizó un seguimiento aproximadamente quincenal de todas las bandas desde la aplicación del abonado de fondo (12 de noviembre) hasta la recogida de las muestras de suelo tras cosecha (18 de julio). En ellas, se observaron diferentes aspectos agronómicos y técnicos con el fin de recabar información que determinara similitudes y variaciones entre los distintos tratamientos.

En cada una de las bandas se observaron los aspectos que se detallan a continuación:

- **Seguimiento de parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción**

Seguimiento periódico de los estados fenológicos desde germinación hasta cosecha determinando los mejores momentos para realizar los tratamientos y mediciones oportunas. Se ha tenido en cuenta la escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974) para realizar dicho seguimiento.

A partir del primer mes tras la siembra, se llevó a cabo la medición de los siguientes parámetros en cada una de las bandas, finalizando con la recolección.

El número de repeticiones de muestreo aleatorio por variable osciló entre 2 y 30 (diferenciado a cada parámetro), en función de la capacidad de estudio de cada variable en el tiempo, así como de la relevancia de la variable de estudio.

- Plantas/m²: valor recabado a partir de la fase de nascencia.
- Tamaño de la plántula: valor obtenido, en centímetros, del conjunto de la planta de cebada, medido desde su inserción en el suelo hasta la parte terminal de la misma (variable en función del estado fenológico -3 hojas, ahijamiento, hoja bandera, encañado, etc... -).
- Longitud radicular: valor obtenido, en centímetros, desde el cultivo con 3 hojas hasta el inicio del ahijamiento.
- Hijuelos/planta: valor recabado a partir de la fase de ahijamiento.



- Longitud de la hoja bandera: valor recabado en la fase de encañado, en centímetros.
- Tamaño de las espigas (largura y anchura): valor recabado a partir de la fase de espigado, en centímetros.
- Índice SPAD: valor recabado en los estadíos de 3 hojas, ahijamiento y desarrollo de la hoja bandera. Lectura mediante SPAD-502 (Konica Minolta, Tokio, Japón).
- Número de granos por espiga: valor obtenido momentos previos a la cosecha.
- Número de espigas por planta: valor obtenido momentos previos a la cosecha.
- Peso de mil granos: valor obtenido momentos previos a la cosecha, en gramos.
- Peso específico: valor obtenido tras la cosecha, en kg/hL.
- Humedad relativa: valor obtenido tras la cosecha, en porcentaje.
- Producción: valor obtenido tras la cosecha, en kg/ha.

Para la mayoría de ellas, fue requerido el uso de un marco de acero galvanizado de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) que se lanzaba al azar varias veces en cada repetición para medir las diferentes variables agronómicas (Figura 28).



Figura 28. Marco de medición para el conteo de las variables agronómicas del estudio (Elaboración propia)

De entre todas las variables denotadas, requiere especial control la eficacia de absorción del nitrógeno aportado, por todos los aspectos mencionados en el apartado *Conceptos generales: Fertilización y consecuencias medioambientales* en relación a las elevadas necesidades que los cultivos tienen en este elemento, al excesivo uso que se realiza sin razón técnica, así como la ingente cantidad de pérdidas que se producen.

En consecuencia, se comienza a diagnosticar la disponibilidad de este elemento en el cultivo desde el estadio de seis hojas (Z1.6) (aproximadamente 15 días antes del comienzo del período crítico) hasta estadios reproductivos avanzados como el de grano lechoso (Z7) (15 a 20 días tras la floración) (Zadoks *et al.*, 1974; Ritchie & Hanway, 1982). Una de las herramientas disponibles para conocer el nivel de nitrógeno de la planta y determinar por tanto, calcular o afinar dosis de nitrógeno en cobertura en función de las necesidades del cultivo, o incluso, determinar la eficiencia de dicha aplicación, es el análisis de tejido (análisis foliar) en laboratorio, gracias al cual se determina el contenido de N total de manera muy precisa. En cambio, su mayor inconveniente radica en la demora necesaria para la obtención de los resultados, o el coste que supone, factores que muchas

veces la hacen poco eficiente para cultivos anuales (Villar & Ortega, 2003), como es el caso.

Una alternativa es el uso del medidor de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta, Tokio, Japón) [Figura 29, a)], medidor que entrega valores correspondientes al contenido relativo de clorofila en las hojas (o verdor), aspecto proporcionalmente ligado al nitrógeno, elemento imprescindible para la síntesis de este pigmento. Este valor se calcula en base a la cantidad de luz transmitida por la hoja en 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm, longitudes en las cuales la absorbancia de luz (que es inversamente proporcional a la reflectancia) es diferente (Villar & Ortega, 2003). La medida debe ser siempre tomada en el limbo de la hoja de mayor tamaño (más madura) y en la mitad, tanto en sentido longitudinal como transversal, obteniendo así el valor más representativo de toda la planta.

Diversos trabajos realizados determinan una relación lineal entre el contenido de clorofila en hoja y el nitrógeno asimilado por la planta [Figura 29, b)], estableciendo este sistema como el más rápido y fiable del mercado. En cambio, no se puede tomar una relación igual para todas las especies y variedades, y por ello, es necesario crear, para cada caso de estudio, una recta de regresión a partir de datos de análisis foliar de nitrógeno y de contenido relativo de clorofila con la que determinar el contenido de nitrógeno en hoja de referencia para el cultivo de cebada, y así ir completando en años sucesivos con medidas de actividad fotosintética en diferentes etapas del cultivo la evolución que sufre este elemento. Asimismo, este sistema de medición permite establecer comparativas de actividad fotosintética entre los distintos tratamientos sin necesidad de analizar contenido de nitrógeno en hoja a través de un laboratorio de análisis.

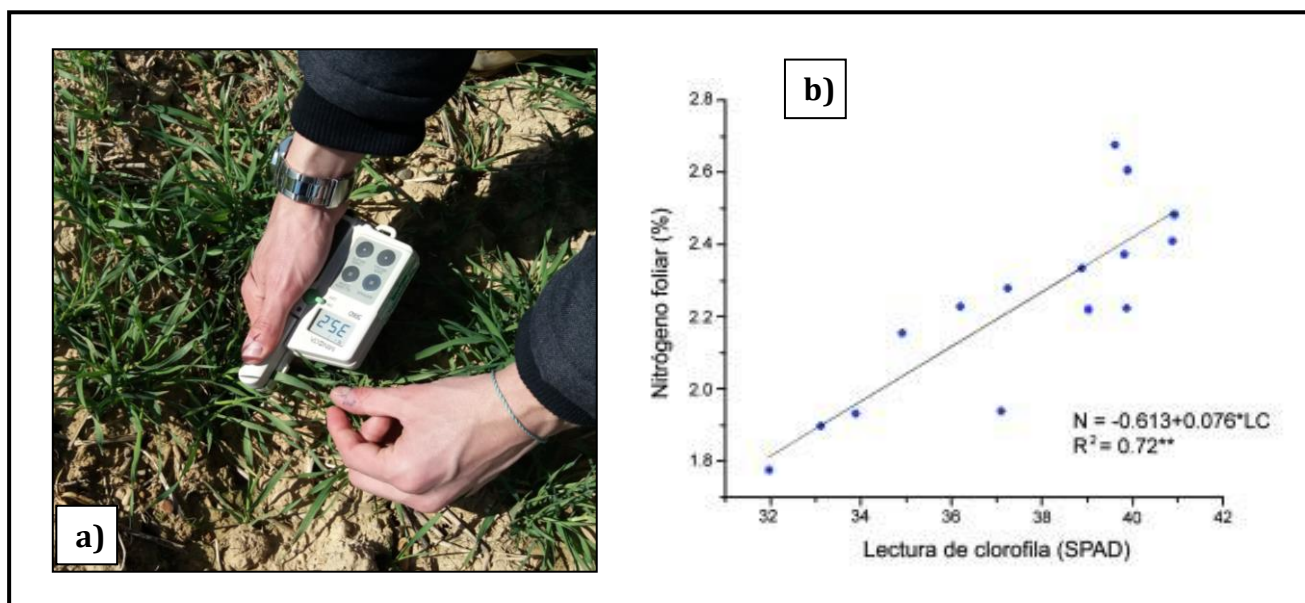


Figura 29. a) Medidor de clorofila SPAD-502 y b) relación entre lecturas de clorofila (SPAD) y contenido de nitrógeno foliar (%) (Villar & Ortega, 2003)

Para poder realizar dicha comparativa, se cogieron 50 muestras de hojas de cebada recorriendo en zigzag cada una de las bandas de ensayo. Asimismo, destacar que en el primero de los muestreos (estadio de ahijamiento) se llevaron las mismas muestras al laboratorio con el objetivo de poder contrastar el contenido de N en hoja con los valores del SPAD tomados en campo. Como se observa en la Tabla 7, se realizaron medidas en tres fechas diferentes, todas fueron realizadas a la misma hora del día, dos de ellas en la primera hoja de la cebada, y una tercera en la hoja bandera.

En cuanto a las variables de peso de mil granos, peso específico, humedad relativa y producción, se tomaron los datos de muestreo momentos previos a la cosecha real. Para su determinación, fue imprescindible el uso de diferentes máquinas, algunas específicas a cada variable. En primer lugar, con el marco galvanizado (revisar Figura 28), en una muestra total de 8 m², se obtuvo muestra de grano gracias a una cosechadora trilladora portátil Minibatt (GODÉ, Le Catelet, Francia), aportada por la empresa Agropal S. L., gracias a la cual fue posible separar paja de grano (Figura 30) y obtener datos de tales parámetros.



Figura 30. Cosechadora trilladora portátil Minibatt (agrotronik.es/)

Por su parte, en la variable del peso de mil granos, el conteo se realizó gracias a una tablilla de 100 granos [Figura 31, a)] asociada a toda sembradora Solà, reduciendo el tiempo invertido en esta labor (idéntico proceso para la obtención de dicho valor en la semilla de siembra).

Con el medidor Wile 200 (Farmcomp, Tuusula, Finlandia) [Figura 31, b)], aportado por la empresa Agropal S. L., fue posible determinar el peso por hectolitro o peso específico, por un lado, y la humedad relativa por otro.

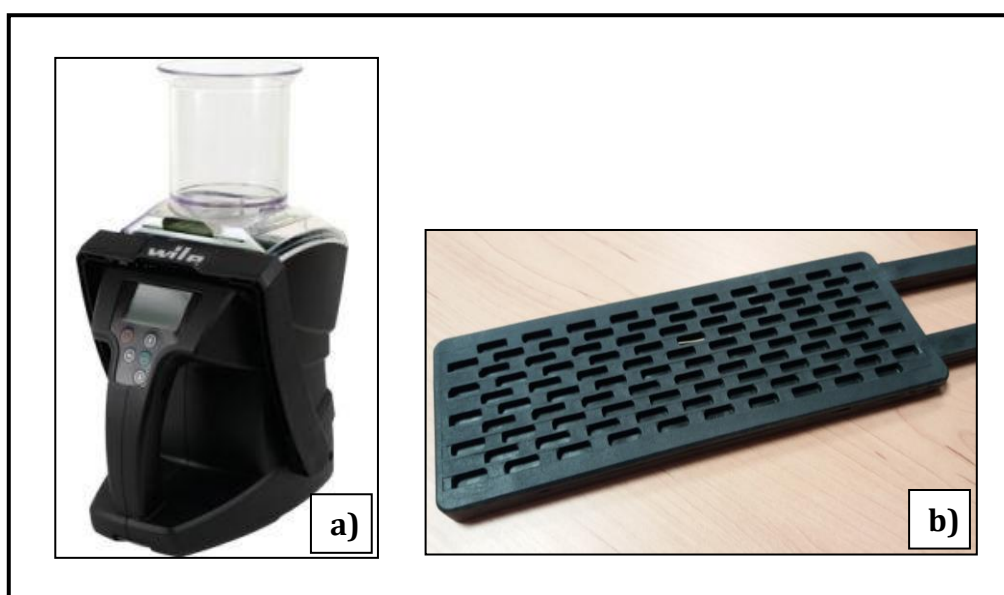


Figura 31. a) Medidor Wile 200 para humedad, temperatura y peso específico en grano (agrotronik.es/) y b) tablilla niveladora para conteo de 100 granos



Finalmente, para la determinación del rendimiento de cosecha, como no se podía establecer con exactitud la pérdida de grano generada al trillar con la Minibatt (GODÉ, Le Catelet, Francia), el valor se obtuvo del generado en cosecha de manera real, pesando banda por banda de manera individualizada.

A continuación, se adjunta la Tabla 7 donde se recogen todos los muestreos realizados junto con el número de repeticiones establecidas en cada banda para el conjunto de tratamientos de estudio durante la presente campaña:



Tabla 7. Muestreos recabados en el conjunto de bandas de la parcela de campo

VARIABLE AGRONÓMICA	REPETICIONES Y MUESTREOS / BANDA	FECHAS DE MUESTREO										
		21/12 /2016	04/01 /2017	20/01 /2017	26/01 /2017	09/02 /2017	01/03 /2017	22/03 /2017	21/04 /2017	27/04 /2017	15/05 /2017	23/06 /2017
<i>Plantas/m² y % germinación</i>	8 m ²	X	X	X								
<i>Tamaño de la plántula</i>	12 muestras*	X	X	X		X	X	X	X			
<i>Longitud radicular</i>	12 muestras*			X		X						
<i>Hijuelos/planta</i>	12 muestras*							X				
<i>Longitud de la hoja bandera</i>	12 muestras*										X	
<i>Tamaño de la espiga</i>	30 plantas									X	X	X
<i>Medición de clorofila en hojas</i>	30 plantas				X		X		X			
<i>Granos/espiga</i>	30 plantas										X	
<i>Espigas/planta</i>	30 plantas											X
<i>Peso de mil granos</i>	2 repeticiones											X
<i>Peso específico</i>	2 repeticiones											X
<i>Humedad relativa</i>	2 repeticiones											X
<i>Producción</i>	8 m ² **											X

*En cada muestreo se obtuvo el dato medio de 3 mediciones, generando un total de 36 plantas muestreadas.

**Se realizó este muestreo de forma manual (cosechadora de mano) además de la recolección mecanizada banda a banda.

- **Seguimiento de parámetros relacionados con la fertilidad biológica del suelo**

Como estudio preliminar, y como puesta a punto de metodologías a desarrollar en posteriores años de ensayo, se realizó la medición de los siguientes parámetros relacionados con la fertilidad biológica suelo:

- Estudio de la colonización micorrícica producida en el interior de la raíz

Son multitud las técnicas que permiten estimar el porcentaje y el tipo de colonización radical por micorrizas arbusculares. En cambio, estudiar el grado de colonización que se produce en las propias raíces del cultivo implantado en un determinado suelo y el tipo de propágulos, permite determinar de manera diferencial la capacidad real de la rizosfera de ese suelo y de la especie hospedadora de generar simbiosis.

Este método radica, sin embargo, en la estacionalidad. La presencia de la mayor parte de los propágulos micorrícicos de la mayoría de familias fúngicas aparece cuando los valores de humedad relativa y temperatura son elevados, así como cuando se produce un mayor intercambio de nutrientes entre el sistema suelo-planta (espigado-floración). Por ello, la toma de muestras se enmarca en el mes de abril (días 6 y 24), con una variación lo suficientemente grande para poder determinar diferencias en el paso del tiempo tanto en el tipo de propágulos presentes como en su cantidad.

Las muestras recolectadas para cada fecha eran de 5 plantas/banda (20 plantas/tratamiento), obteniendo la mayor parte del sistema radicular posible. Con la inmersión de la radícula de cebada en un vaso con agua durante 24 horas, aproximadamente¹⁹, para un mejor desprendimiento de los agregados de tierra que quedaran, se conservó cada muestra en etanol disuelto al 50%.

Las plantas, igual que se realiza para el estudio del potencial micorrícico, se sometieron a una tinción con azul de Tripan, y dada la facilidad de observación para un técnico inexperto, se escoge el método de intersección de campos en placa para la determinación de los propágulos micorrícicos. Este sistema requiere tomar las raíces

¹⁹ Debido a la diferencia de tiempo desde la recolección de las muestras hasta el remojo y obtención del sistema radicular de las mismas, fue necesario congelarlas evitando así el desarrollo fisiológico y la degradación del sistema radicular, lo cual alteraría los resultados obtenidos.

teñidas, seccionarlas en segmentos de 1 cm de longitud, aproximadamente, y montarlas en un portaobjetos, de tal forma que los segmentos queden paralelos entre sí (Phillips & Hayman, 1970). En consecuencia, una muestra “representativa” a evaluar, dependiendo de la magnitud del ensayo, puede variar entre 30 – 100 cm de raíz/ tratamiento (Sánchez de Prager *et al.*, 2007). Para establecer si existe, o no, colonización cada muestra se recorre horizontalmente con el microscopio con el objetivo de 40X indicando la presencia o ausencia, y si se requiere más detalle se especifica si se trata de espora, arbúsculo, vesícula o hifa.

Finalmente, para calcular el porcentaje de colonización total por hongos micorrícicos sobre la raíz, así como de la estructura concreta de éstos, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\text{Porcentaje de colonización total} = (C/T) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colonización por vesículas: } (V/ T) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colonización por arbúsculos: } (A/T) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colonización por esporas: } (E/T) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colonización por hifas: } (H/T) \times 100$$

siendo C, el número de muestras colonizadas por cualquier estructura de hongos micorrícicos; V, el número de muestras con presencia de vesículas; A, el número de muestras con presencia de arbúsculos; E, el número de muestras con presencia de esporas; H, el número de muestras con presencia de hifas; T, el número total de muestras observadas.

- Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

Un factor diferencial entre las diferentes prácticas que engloban a la agroecología, es la cantidad y el tipo de macrofauna que contiene cada parcela, variando en complejidad, de acuerdo con las condiciones abióticas y bióticas del suelo, variaciones climáticas, estado de desarrollo y grado de alteración del ecosistema (adaptado de Chávez *et al.*, 2016). Por ejemplo, la mayor parte de los artrópodos están involucrados en la descomposición de la materia orgánica, en la regulación de las actividades microbianas y, parcialmente, en los ciclos nutritivos (Coleman *et al.*, 2004; Wardle, 2002).

Para obtener datos sobre su ocurrencia estacional, patrones de distribución espacial y sobre la actividad de plagas y/o depredadores, se instalaron en cada banda 3 trampas de tipo *pitfall*²⁰, en formato casero: vasos de plástico semienterrados a nivel de la superficie del suelo y repartidos aleatoriamente en las bandas de cada tratamiento durante todo el mes de mayo y junio. En la parte superior de cada vaso se colocó una banda de poliuretano apoyada en piedras, permitiendo el flujo de aire y de organismos al realizar sus desplazamientos, evitando igualmente la entrada de partículas mayores (Figura 32).



Figura 32. Puesta de trampas pitfall para la determinación interparcelaria de macrofauna

- **Análisis de parámetros posterior a la realización del ensayo**

Una vez finalizado el ensayo, se tomaron muestras de suelo compuestas por cinco submuestras en cada banda, que fueron utilizadas para la realización de los siguientes análisis:

²⁰ Trampa de pozo de caída rellena de agua para evitar la salida de los organismos entrantes.

- Análisis físico-químico

Tras el desarrollo del cultivo de cebada que contiene este ensayo y siguiendo la misma metodología expuesta en el apartado *Caracterización edáfica*, se volvieron a tomar muestras del suelo de cada una de las bandas de estudio para poder calcular la evolución sufrida sobre los parámetros físico-químicos evaluados en el análisis de suelo inicial tras la aplicación de diferentes tipos y formulaciones de abonado.

- Análisis microbiológico del suelo

Siguiendo la misma metodología expuesta en el apartado *Caracterización edáfica*, una vez finalizado el ensayo se analizaron los principales grupos microbianos a partir de cultivo del suelo en placas, con el objetivo de poder observar posibles variaciones con respecto al análisis inicial, y establecer posibles diferencias entre tratamientos.

- Potencial micorrízico

Del mismo modo que se expone en el parámetro anterior y gracias a las mismas muestras recogidas para cada uno de los suelos de las 12 bandas de estudio, se volvió a calcular el Número Más Probable de propágulos micorrízicos, y consiguiente, evaluar la incidencia de cada tratamiento sobre la capacidad de generar o reducir infecciones micorrízicas.

- **Análisis económico**

Como respuesta a uno de los principales objetivos planteados, así como principal demanda de los productores y de las empresas comercializadoras, se han calculado la variabilidad de costes estimados entre los tratamientos en base a las prácticas operacionales y los tratamientos aplicados a lo largo de toda la campaña (siembra-cosecha) junto con los ingresos percibidos por la venta de la cosecha durante esa misma campaña. La relación de dichos valores, determinarán, por la operación ingresos – gastos, la relación de beneficio bruto generado, aproximadamente, debido a la realización de una

u otra práctica de abonado²¹.

Para la realización de este cálculo, solamente se recogen aquellas acciones variables entre tratamientos, y por tanto, que suponen diferencias en coste entre ellos, tales como el abonado de fondo o el abonado foliar (ni siembra, ni abonado de cobertera, ni cosecha).

La obtención del coste de cada operación se ha efectuado gracias a las tablas dispuestas por la Plataforma de Conocimiento para el Medio Rural y Pesquero en 2014 (www.mapama.gob.es; Anexo V), asociadas a los valores reales de la maquinaria de los Hnos. Almudévar, expuesta a lo largo del apartado *Técnicas culturales*.

3.3. ENSAYO EN INVERNADERO

3.3.1. Diseño experimental

Con el objetivo de realizar una comparativa en condiciones controladas con los tratamientos de campo, se estableció un ensayo en invernadero basado en la utilización de la propia tierra de campo como sustrato principal, a la que se aplicó la misma dosis de abono para la cantidad de tierra empleada.

La tierra de campo fue tamizada a 2 mm para evitar la presencia de partículas gruesas.

Cada tratamiento, diferenciado por bandejas de polietileno debidamente desinfectadas previo uso y compuestas por 5 alveolos cada una, de 650 cm³ de capacidad y de dimensiones 7,87 x 7,87 cm (61,93 cm²), de superficie superior, requería, extrapolando las dosis de abonado de las parcelas de campo a la superficie comentada anteriormente, las siguientes cantidades de abono para cada alveolo:

Gallinaza deshidratada: 250 kg/ha = 25 g/m² → 0,1548 g/alveolo

Complejo NPK: 300 kg/ha = 30 g/m² → 0,1857 g/alveolo

Tales cantidades fueron trituradas a partir del formato original del abono (Figura

²¹ Nunca considerar como beneficios reales, pues las técnicas culturales llevadas a cabo, exclusivas a este tipo de ensayos, no son extrapolables a las prácticas de campo reales en agricultura (mucho menos laboriosas).

33), lo que pudo incurrir en posibles modificaciones de sus propiedades.

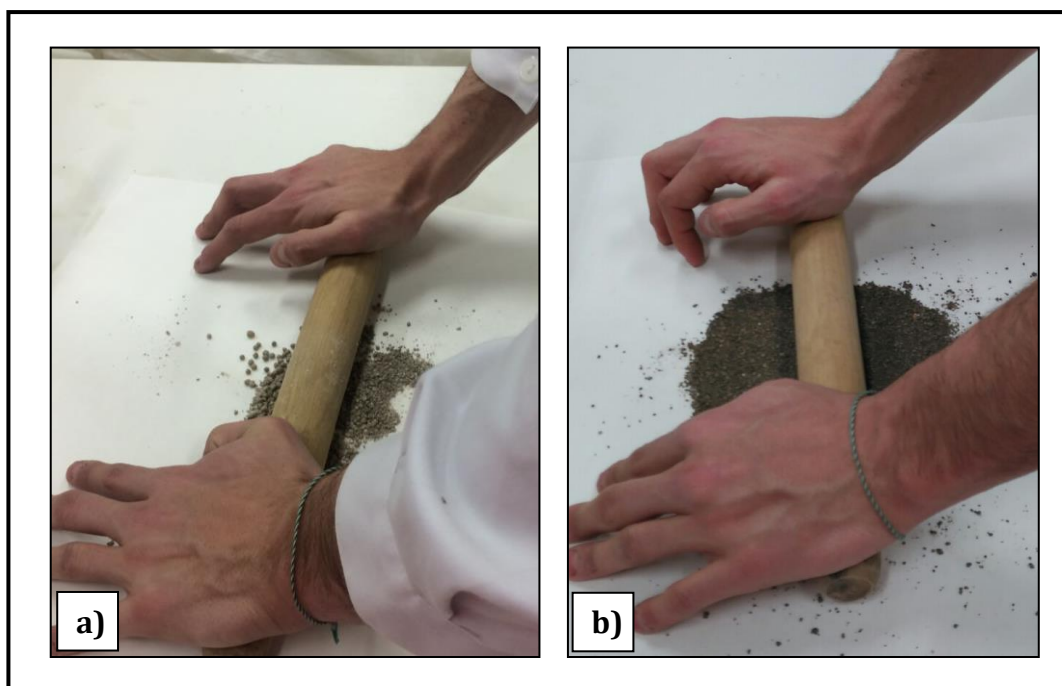


Figura 33. Trituración de los abonos a) mineral y b) orgánico

Al tratarse de diferencias y valores tan bajos, se dudó de la influencia de tales ínfimas aplicaciones fertilizantes en el desarrollo del cultivo. Por ello, se triplicó el ensayo aumentando tales dosis pre-establecidas al doble y al triple de cada fertilizante (Tabla 8) con el objetivo de determinar si las diferencias de cantidad de fertilizante suponen influencia alguna en los parámetros de estudio, tales como quemaduras de la planta, inhibición del desarrollo radicular, destrucción de la microbiología del suelo, incremento de producción, etc... De este modo se albergaron un total de 7 tratamientos (Figura 34).

Tabla 8. Dosis fertilizantes por alveolo en cada tratamiento

	T0	Gallinaza deshidratada			Complejo NPK		
		T1 - x1	T1 - x2	T1 - x3	T2 - x1	T2 - x2	T2 - x3
g/alveolo	-	0,1548	0,3096	0,4644	0,1857	0,3714	0,5571

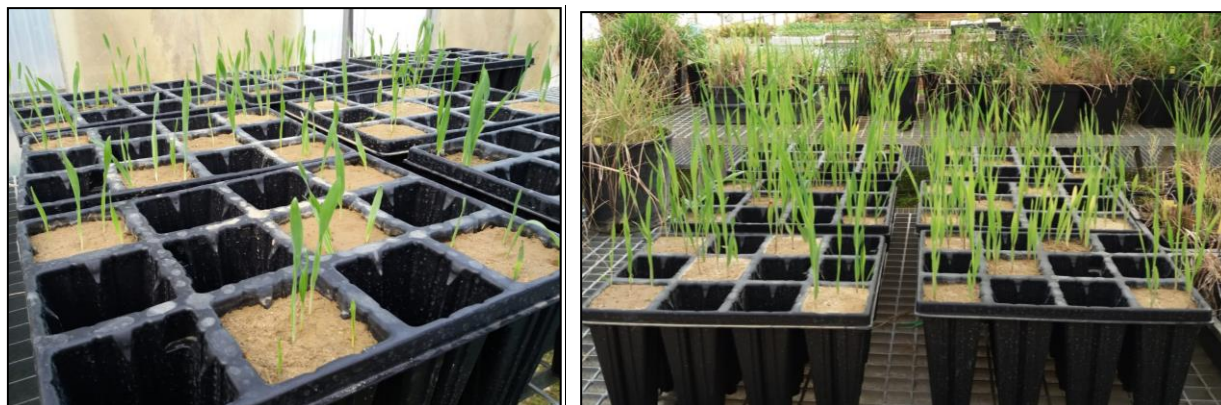


Figura 34. Disposición de los tratamientos de ensayo sobre las bandejas de invernadero

Tras establecer una técnica de trabajo basada en la utilización de arena fina (sílice) junto a la tierra del ensayo de campo (evitar un exceso de compactación debido a su estructura franco-arcillosa), y aplicaciones de soluciones nutritivas junto al riego de manera periódica, se observó, por un lado, que la compactación generada en los alveolos era lo suficientemente significativa como para haber incurrido de manera notable en los resultados de las diferentes prácticas²², mientras que el aplicar una solución nutritiva constantemente, podría alterar el objeto real de este estudio: determinar qué tipo y en que dosificación un abono era igual o mejor al otro.

Por todo ello, el sustrato del ensayo de invernadero finalmente empleado constó de una mezcla al 60% de la tierra del campo junto con un 40% de grava fina²³, material con agregados de un mayor tamaño para favorecer una mayor percolación del agua y un menor riesgo de compactación del “suelo”. A su vez, dicha mezcla se realizó en dos veces, siendo el 50% inferior del alveolo únicamente en base a la mezcla tierra + gravilla (en los porcentajes anteriormente descritos), y la segunda parte restante, del mismo modo pero con el abono asociado a cada tratamiento.

Una vez dispuesta la tierra en las bandejas, se sembró 1 semilla por cada alveolo evitando el factor de la competencia entre plantas y así, denotar diferencias visuales más

²² Se denotó un menor desarrollo radicular a las prácticas realizadas en campo, así como tonos amarillentos en el cuello del tallo, incurriendo en la incapacidad de la plántula a absorber ciertos elementos nutritivos y que influyen en primera medida con los aspectos agronómicos del cultivo.

²³ La grava fue autoclavada para evitar distorsiones en la composición mineral de la tierra, así como de posibles partículas microbianas.

fácilmente²⁴. En cuanto a la selección del cultivo, se trabajó igualmente con cebada. Ésta se sembró sin tratamiento fungicida previo, evitando una posible influencia sobre la actividad biológica del suelo de dicho fitosanitario, y sin realizar ningún tipo de escarificación y/o germinación exógena para aumentar la eficiencia de nascencia de siembra, ya que, según analíticas, se determinó un valor por encima del 95% en germinación. En cambio, éstas se desinfectaron, del mismo modo que anteriormente se comenta para las bandejas de ensayo, con una solución de lejía al 10% (con agua destilada a temperatura ambiental) con el objetivo de evitar la presencia de patógenos y favorecer el estudio micorrícico posterior.

3.3.2. Material vegetal

La variedad escogida, más adaptada a las condiciones de invernadero (ciclo corto), fue *Shakira* (Figura 35); variedad de primavera de producción de pienso obtenida por la empresa alemana *Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG* en ensayos realizados en Francia en 2006 y cuyas características varietales de detallan en la Tabla 9.



Figura 35. Variedad de cebada *Shakira* (www.genvce.org)

²⁴ El único problema que podía surgir en el segundo de los ensayos era si las semillas no llegaban a germinar. En cambio, 5 muestras por repetición es un valor lo suficientemente significativo como para obtener datos fiables.

Tabla 9. Características varietales de *Shakira* (www.lgseeds.es & www.genvce.org)

Morfología	Planta	Altura media - baja, porte semierecto y sin presencia de vellosidades en la vaina inferior
	Hoja	No presenta pigmentación en las aurículas
	Espiga	Presenta 2 carreras fértiles
Producción	Ahijamiento	Medio
	Peso de 1000 granos	Medio - alto
Calidad	Peso específico	Medio
	Calibre	Medio - alto
	Contenido en proteína	Medio - bajo
	Destino	Pienso
Ciclo	Fecha de siembra	10/11 – 31/01
	Encañado	Medio - precoz
	Espigado	Medio
	Madurez	Media
Tolerancia frente a enfermedades	Oidio (<i>Erysiphe graminis f. sp. hordei</i>)	Media - alta
	Roya parda (<i>Puccinia recondita f. sp. hordei</i>)	Media
	Rincosporiosis (<i>Rhynchosporium secalis</i>)	Media - alta
	Encamado	Media

3.3.3. Técnicas culturales

La siembra se realizó a una profundidad homogénea (2 – 2,5 cm) con un pequeño porcentaje de humedad en el suelo (riego previo), consiguiendo así las condiciones más eficientes a la germinación.

Acto seguido, las 7 bandejas fueron trasladadas al invernadero. A condiciones estables de humedad y T^a, se fueron sometiendo a riegos periódicos de 60 ml por alveolo (para una CRAD teórica de 8,35%, se aumentó hasta los 60 ml comprobando la ausencia de percolación), con frecuencia regular cada tres/cuatro días en función de la temperatura del invernadero y comprobando visualmente el correcto desarrollo de las plantas.

Idénticamente al ensayo de campo, en aquellas bandejas que contenían el abono orgánico de la gallinaza deshidratada (todos los tratamientos T1), se realizó el aporte del

extracto de algas marinas a la misma dosis: 2 L/ha en 200–250 L de agua. Esta dosificación, extrapolada a las prácticas de invernadero y al material disponible (botella de agua de spray), se realizó en una concentración no superior a 10 mL/L de agua, simulando en la medida de lo posible una situación similar a la realizada en campo.

En la Figura 36, se recogen resumidos, al igual que en el apartado de *Ensayo en parcela agrícola; Técnicas culturales*, todos los tratamientos realizados en las bandejas de invernadero, remarcando las pequeñas variaciones dentro de cada tratamiento.

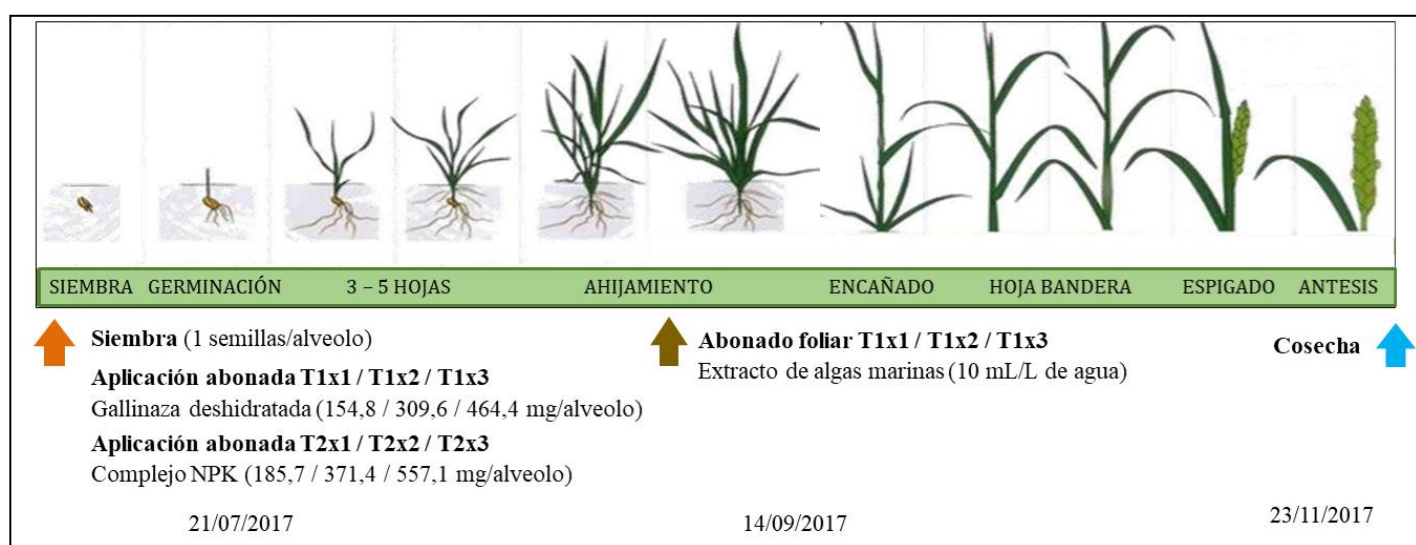


Figura 36. Tratamientos agronómicos realizados sobre el conjunto de bandejas de invernadero (Elaboración propia)

3.3.4. Seguimiento agronómico

De igual forma al ensayo de campo, se realizó aproximadamente un seguimiento bimensual del conjunto de tratamientos, desde la preparación de los sustratos y de las bandejas hasta la recolección de las muestras y medición de las variables (fechas anotadas individualmente en la Tabla 10). En este caso, aspectos agrónomos y técnicos específicos al laboratorio fueron estudiados con el objetivo de obtener conclusiones comparables y extrapolables a prácticas agrícolas reales.

Tabla 10. Disposición de fechas de desarrollo de técnicas culturales y muestreo para el conjunto de tratamientos

Preparación del sustrato y siembra	Muestreo inicial (recogida de raíces)	Aplicación del extracto de algas marinas	Muestreo final
31/07/2017	11/09/2017	14/09/2017	23/11/2017

En cada una de las bandejas se observaron los aspectos que se detallan a continuación:

- **Seguimiento de parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción**

Del mismo modo al apartado *Seguimiento agronómico*, se realizó un control periódico de los estados fenológicos desde germinación hasta antesis determinando los mejores momentos para realizar los tratamientos y mediciones oportunas. Se ha tenido en cuenta la escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974) para realizar dicho seguimiento.

De todas las variables medibles (tamaño de la plántula, volumen radicular, hijuelos/planta, tamaño de la espiga, número de granos/espiga y peso de granos), se decidió únicamente estudiar la comparativa de los pesos secos del sistema aéreo y radicular, respectivamente, pues se trata de dos parámetros totalmente correlacionados con los anteriormente mencionados (demostrado estadísticamente a partir de ensayos previos realizados) y perfectos para caracterizar el desarrollo final de los diferentes tratamientos evaluados.

- **Seguimiento de parámetros relacionados con la fertilidad biológica del suelo**
 - Estudio de la colonización micorrícica producida en el interior de la raíz

Con las mismas técnicas descritas en el apartado análogo de *Seguimiento agronómico*, se realizó la determinación directa del porcentaje de colonización total por hongos micorrícicos sobre la raíz de las 5 plántulas de cada tratamiento, así como de la estructura concreta de éstos en los diferentes tratamientos muestreados.

En este caso, la diferencia radica en la determinación en los dos muestreos

realizados, en los estadíos de inicio de ahijamiento y al final del ciclo de cultivo (antesis). Para la toma de muestra de raíz en pleno desarrollo del cultivo fue necesario el empleo de una barrena (Eijkelkamp, Giesbeek, Holanda) de caña cilíndrica de Ø1,3 cm y de una largura de 20 cm (Figura 37). Las muestras se tomaron en dos puntos de cada planta, formando una única muestra compuesta, y se tamizaron bajo un chorro de agua fino para separar la raíz del sustrato y prepararla para la tinción.



Figura 37. Barrena para la recogida de muestras radiculares

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Una vez obtenidos todos los resultados, tanto en las variables medidas en el ensayo de campo como en invernadero, los datos se sometieron a pruebas de homogeneidad y homocedasticidad para valorar la viabilidad de utilizar pruebas estadísticas paramétricas. Posteriormente se realizaron diferentes tipos de pruebas con el programa SPSS IBM SPSS Statistics 22: estadísticas descriptivas, análisis de varianza (ANOVA), pruebas post-hoc y análisis de correlación. Los resultados de los análisis se muestran en el documento en forma de tablas y gráficas.

De forma más detallada, para cada variable, se ha elaborado una tabla de los estadísticos descriptivos [Anexo VI, i), a)] en el que aparecen las fechas de muestreo, caracterizando así, diversas variables de ese conjunto. Se ha realizado un análisis de varianza y, para aquellas fechas donde existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$ y/o $p \leq 0,01$) entre dos o más tratamientos, se ha aplicado el Test de Tukey.



Finalmente, con la agrupación de varios parámetros en cada ensayo, se evaluó la correlación entre ellos en todas las fechas de muestreo gracias al análisis de Correlación de Pearson, con nivel de significación $p \leq 0,05$ y/o $p \leq 0,01$ [Anexo VI, i), c)].

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA

4.1.1. Seguimiento de parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción

- **Plantas/m²**

La Figura 38 muestra el número de plantas por unidad de superficie para los tres tratamientos realizados en tres fechas de muestreo diferenciadas.

El análisis de varianza (Tabla 11) muestra diferencias significativas con nivel de significación $p \leq 0,05$ en la 1ª fecha de muestreo (21/12/2016).

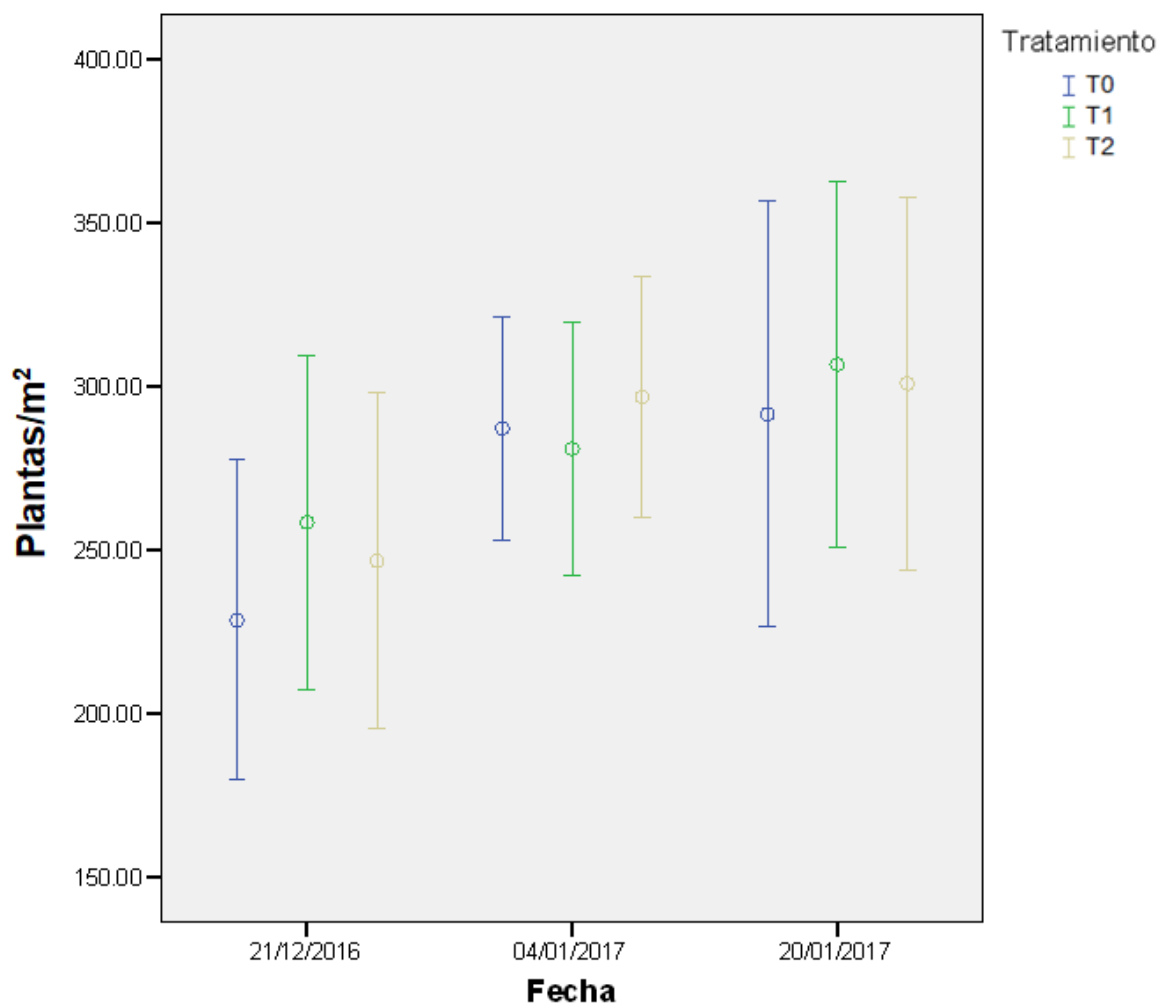


Figura 38. Plantas por metro cuadrado en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica

Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable plantas/m² en función del tratamiento para cada fecha de muestreo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
21/12/2016	Inter-grupos	21809.556	2	10904.778	4.281	.016
	Intra-grupos	359192.667	141	2547.466		
	Total	381002.222	143			
04/01/2017	Inter-grupos	6105.556	2	3052.778	2.265	.108
	Intra-grupos	190019.667	141	1347.657		
	Total	196125.222	143			
20/01/2017	Inter-grupos	5618.667	2	2809.333	.792	.455
	Intra-grupos	499988.333	141	3546.017		
	Total	505607.000	143			

El test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que existen diferencias estadísticamente significativas para dicha fecha entre el tratamiento control (T0) y el orgánico (T1) para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [Anexo VI, i), b), Tabla 18 y Tabla 19].

Aunque se demuestre una mayor nascencia inicial con la aplicación del tratamiento orgánico (T1) frente al control (T0), este último condicionado por la no adición de aportes fertilizantes en fondo, no es posible determinar una influencia del abono utilizado sobre la nascencia, pues en los sucesivos muestreos se iguala la germinación, no existiendo diferencias significativas en las fechas de muestreo posteriores.

Con los de la última fecha de muestreo, se obtiene la tasa de germinación media del conjunto de tratamientos. Comparando dichos valores con el valor ligado a la dosis de siembra (441 plantas/m²)²⁵, ésta se sitúa entre un 66 y un 70% (Tabla 12).

Tabla 12. Tasas de germinación (%) por tratamiento

	T0	T1	T2
% germinación final	66,12	69,56	68,24

²⁵ Obtenido de la relación entre la densidad de siembra (200 kg/ha) y el peso de mil granos de la semilla (43,53 g).

De los valores obtenidos se desprende que no existe ningún mecanismo de inhibición de la germinación de las semillas producido por el tratamiento orgánico, comprobación que resultó de interés dadas las referencias en bibliografía a la toxicidad producida por algunos fertilizantes orgánicos sobre la germinación de determinadas semillas (Huerta *et al.*, 2015).

- **Tamaño de la plántula**

Las diferencias en el tamaño de la plántula debidas a los diferentes tratamientos a lo largo de todo el ciclo no son significativas (Figura 39 y Tabla 13) exceptuando dos fechas de muestreo: 20/01/2017 y 21/04/2017, una de las cuales es la fecha final.

Destacar la acentuada progresión tras el aporte del abonado de cobertera (8/03/2017) en todos los tratamientos, donde el nitrógeno juega un papel imprescindible en la elongación celular para el desarrollo del porte del cultivo hasta cosecha.

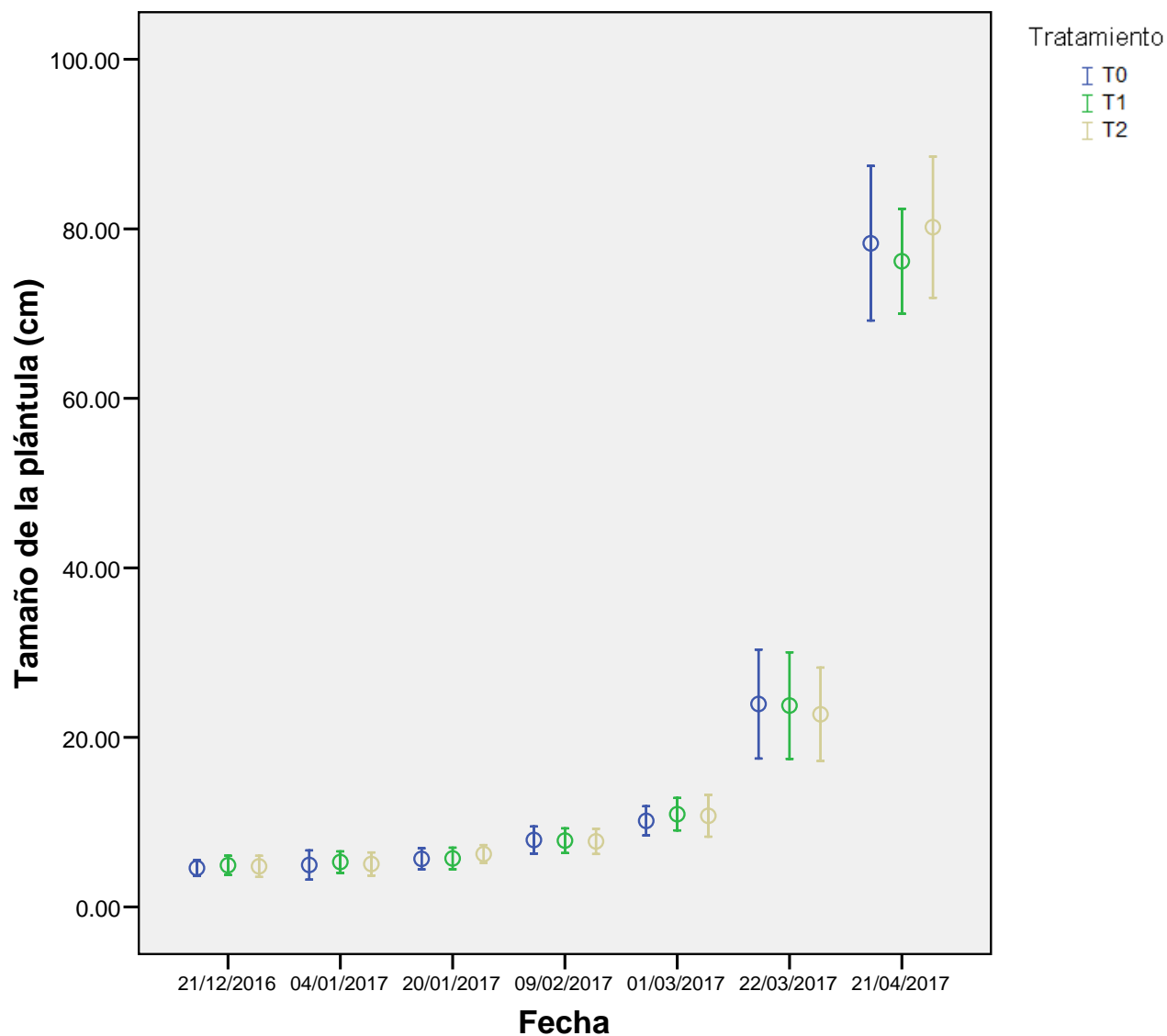


Figura 39. Tamaño de la plántula (cm) en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable tamaño de la plántula en función del tratamiento para cada fecha de muestreo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
21/12/2016	Inter-grupos	2.585	2	1.293	1.045	.354
	Intra-grupos	174.411	141	1.237		
	Total	176.997	143			
04/01/2017	Inter-grupos	2.988	2	1.494	.693	.502
	Intra-grupos	303.920	141	2.155		
	Total	306.908	143			
20/01/2017	Inter-grupos	9.512	2	4.756	3.322	.039
	Intra-grupos	201.863	141	1.432		
	Total	211.374	143			
09/02/2017	Inter-grupos	.619	2	.310	.135	.874
	Intra-grupos	323.671	141	2.296		
	Total	324.290	143			
01/03/2017	Inter-grupos	16.072	2	8.036	1.898	.154
	Intra-grupos	597.010	141	4.234		
	Total	613.082	143			
22/03/2017	Inter-grupos	40.673	2	20.336	.548	.579
	Intra-grupos	5228.453	141	37.081		
	Total	5269.126	143			
21/04/2017	Inter-grupos	389.176	2	194.588	3.058	.050
	Intra-grupos	8972.301	141	63.633		
	Total	9361.478	143			

Para la fecha del 20/01/2017, el test de comparaciones múltiples de Duncan²⁶ determina que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento mineral (T2) y los tratamientos control (T0) y orgánico (T1) para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [Anexo VI, i), b), Tabla 20].

Estas diferencias entre el tratamiento orgánico (T1) y mineral (T2) se repiten a fecha 21/04/2017 [Anexo VI, i), b), Tabla 21 y Tabla 22]. Esta diferenciación en fechas

²⁶ El Test de Tukey no demostró diferencias significativas pese a demostrarlas el análisis de varianza, por lo que se revisó con este otro test de comparaciones múltiples.

cercanas a la cosecha, puede condicionar los niveles productivos de ambos tratamientos, y consigo, determinar diferencias en el rendimiento.

- **Longitud radicular**

No se han encontrado diferencias significativas en ninguna de las fechas de muestreo en relación a la longitud radicular de la planta (Figura 40) de acuerdo con el análisis de varianza realizado (Tabla 14). No obstante, en las dos fechas de muestreo el tratamiento con menor valor medio de longitud radicular ha sido el tratamiento mineral (T2).

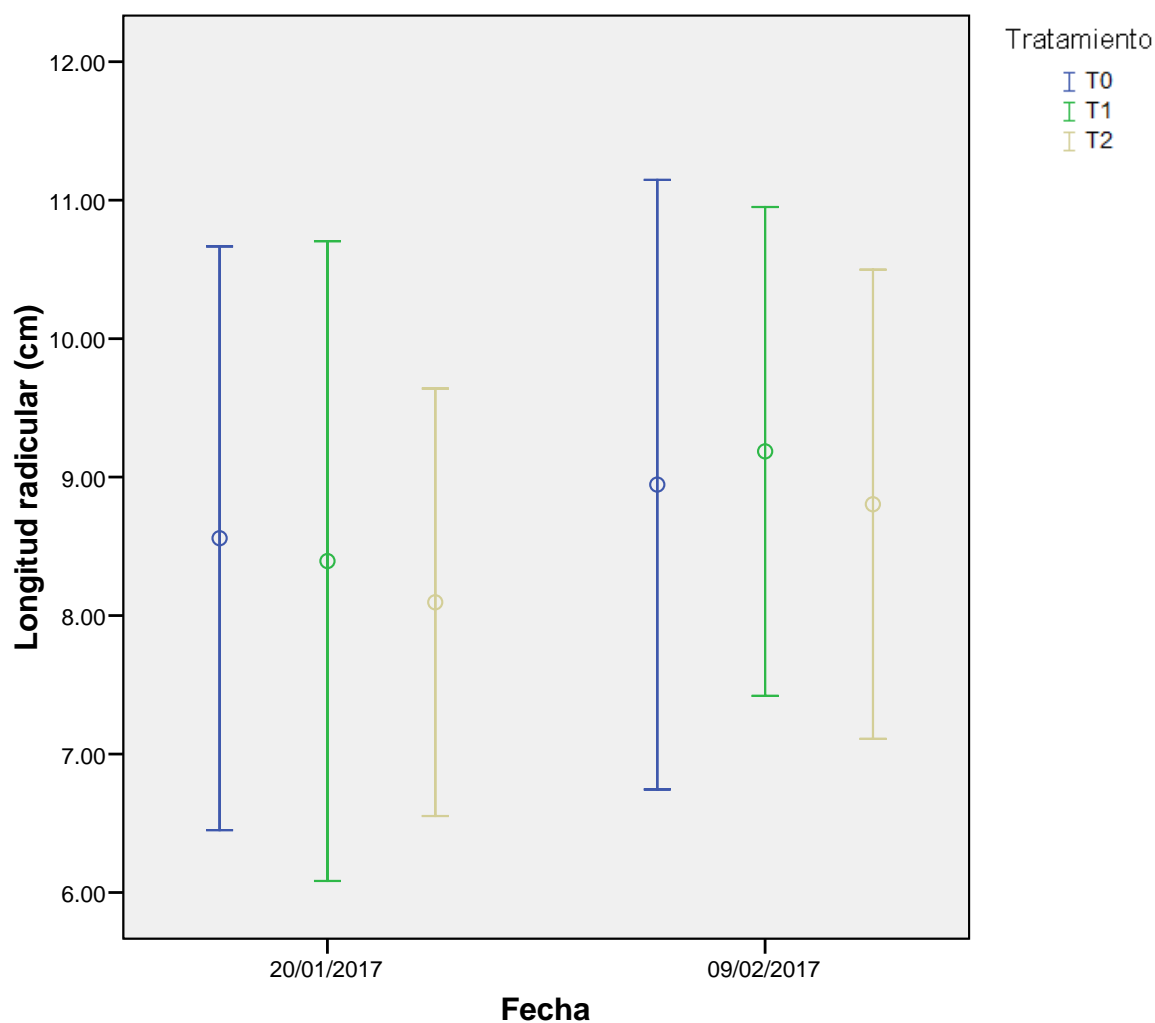


Figura 40. Longitud radicular (cm) en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable longitud radicular en función del tratamiento para cada fecha de muestreo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
20/01/2017	Inter-grupos	5.276	2	2.638	.651	.523
	Intra-grupos	571.664	141	4.054		
	Total	576.940	143			
09/02/2017	Inter-grupos	3.565	2	1.783	.494	.611
	Intra-grupos	509.038	141	3.610		
	Total	512.603	143			

- Número de hijuelos por planta (ahijamiento)**

Para esta variable, se decidió únicamente tomar un valor único en plena etapa de ahijamiento (22/03/2017), momento determinado tras realizar diversas inspecciones al conjunto de las bandas de ensayo.

No se aprecian diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 15). Analizando los datos de forma descriptiva, en la Figura 41 se muestran pequeñas variaciones entre tratamientos: en el tratamiento control (T0), donde se han producido unas condiciones de cultivo con menores unidades fertilizantes que el resto de tratamientos, se observa una mayor cantidad de descendencia (más hijuelos) asegurando así su reproducción. El tratamiento orgánico (T1), basado en un aporte de fertilizantes de degradación y descomposición lenta y progresiva (elementos no inmediatamente disponibles), ha generado menos hijuelos que el T0. Por último, en el tratamiento mineral (T2) se observa una menor descendencia que el resto de tratamientos.

Este parámetro podría relacionarse con el nivel de estrés de la planta, que tiende a incrementar el mecanismo de reproducción ante este tipo de situaciones, como es el caso del tratamiento testigo.

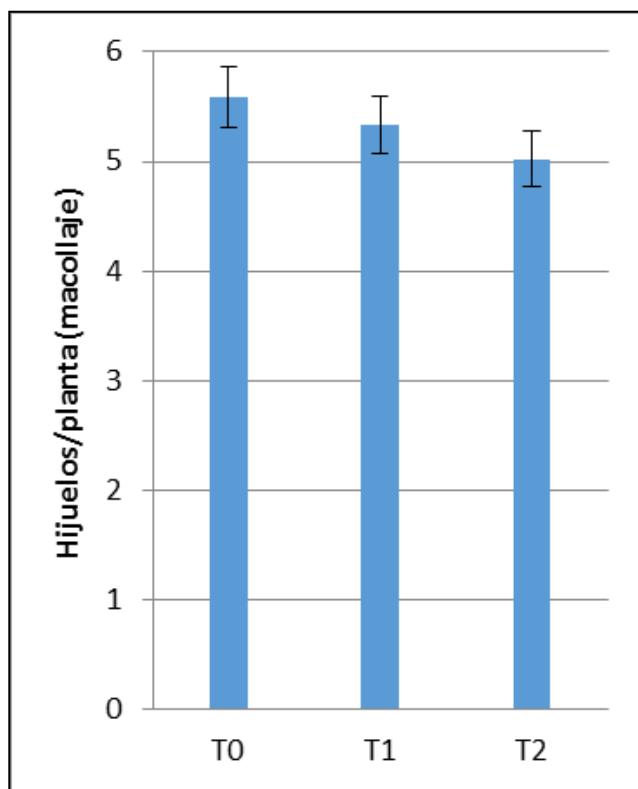


Figura 41. Número de hijuelos por planta (macollaje) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable ahijamiento en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
22/03/2017	Inter-grupos	7.625	2	3.813	1.023	.362
	Intra-grupos	525.313	141	3.726		
	Total	532.938	143			

- Longitud de la hoja bandera**

A partir de una fecha de muestreo (15/05/2017) en pleno desarrollo de la hoja bandera del cultivo de cebada *Meseta*, no se observan en la diferencias significativas (Figura 42 y Tabla 16) del tratamiento mineral (T2) frente al control (T0) y al orgánico (T1).

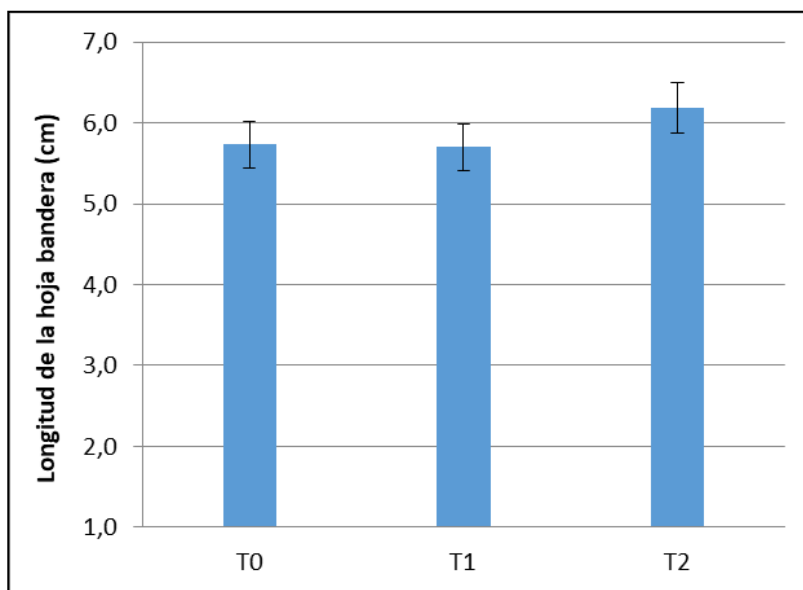


Figura 42. Longitud de la hoja bandera (cm) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable longitud de la hoja bandera en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
15/05/2017	Inter-grupos	.201	2	.100	.047	.955
	Intra-grupos	303.698	141	2.154		
	Total	303.898	143			

Considerando el conjunto de parámetros denominados “de crecimiento” existe una correlación estadísticamente significativa [Anexo VI, i), c), Tabla 35] entre el tamaño de la plántula y las plantas/m² ($p \leq 0,01$), entre el tamaño de la plántula y la longitud radicular ($p \leq 0,05$) y entre el tamaño de la plántula y la longitud de la hoja bandera ($p \leq 0,05$).

• Índice SPAD

Los valores de contenido de nitrógeno en hoja obtenidos en laboratorio de análisis fueron similares para todos los tratamientos en la fecha de muestreo, por lo que no se pudo generar una gráfica que aportara información relevante sobre la correlación entre el índice SPAD y el contenido de nitrógeno en hoja.

Respecto al índice SPAD, no se encontraron diferencias significativas entre los

diferentes tratamientos para las tres fechas de muestreo analizadas (Tabla 17). En la Figura 43 se observa el valor medio y la desviación típica de los dos primeros muestreos (realizados sobre la hoja de mayor tamaño del cultivo), se puede observar cómo la tendencia se invierte desde la primera fecha en la que el tratamiento testigo muestra los mayores niveles medios de actividad fotosintética frente a los otros dos tratamientos, mientras que en la segunda fecha es el tratamiento mineral el que ofrece los mayores niveles medios.

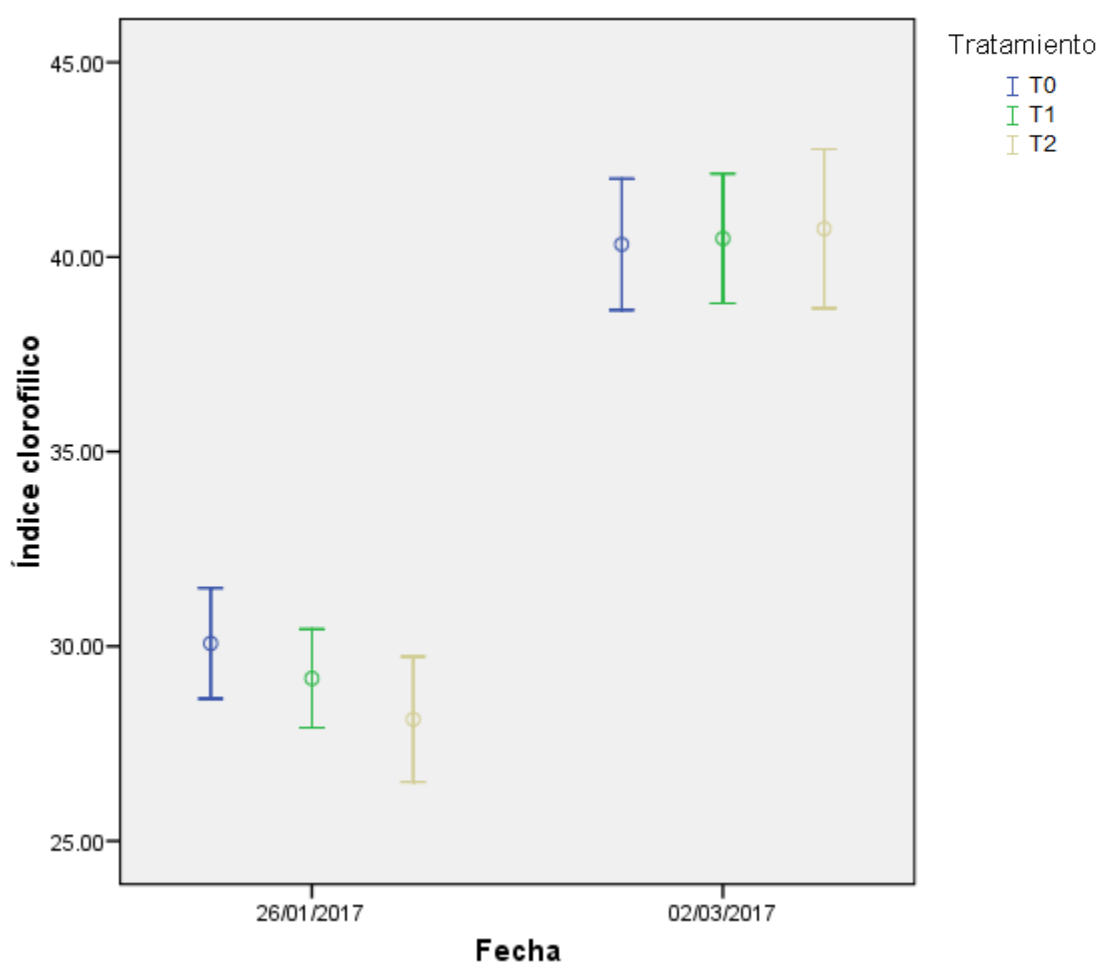


Figura 43. Valor medio y desviación típica de las lecturas SPAD para dos fechas diferentes

Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para las lecturas SPAD en dos fechas anteriores al tratamiento de cobertera y en fecha posterior

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
26/01/2017	Inter-grupos	7.620	2	3.810	1.839	0.214
	Intra-grupos	18.643	9	2.071		
	Total	26.263	11			
02/03/2017	Inter-grupos	0.327	2	0.163	0.050	0.951
	Intra-grupos	29.403	9	3.267		
	Total	29.729	11			
21/04/2017	Inter-grupos	10.685	2	5.343	0.475	0.637
	Intra-grupos	101.278	9	11.253		
	Total	111.963	11			

En la tercera medida realizada sobre la hoja bandera se esperaban obtener resultados con diferencias significativas resultado de la aplicación del tratamiento con algas en cobertera, pero las diferencias no fueron significativas como puede apreciarse en la Tabla 17.

- **Tamaño de la espiga**

En relación a este parámetro agronómico, cabe destacar la diferenciación de dos aspectos: la longitud y la anchura de la espiga.

En cuanto al primero de ellos (longitud de la espiga), gracias a que la espiga es un órgano que se desarrolla verticalmente y es más fácil la toma de mediciones, se hizo un seguimiento en dos fechas de muestreo (Figura 44). De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 18), no existen diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas muestreadas.

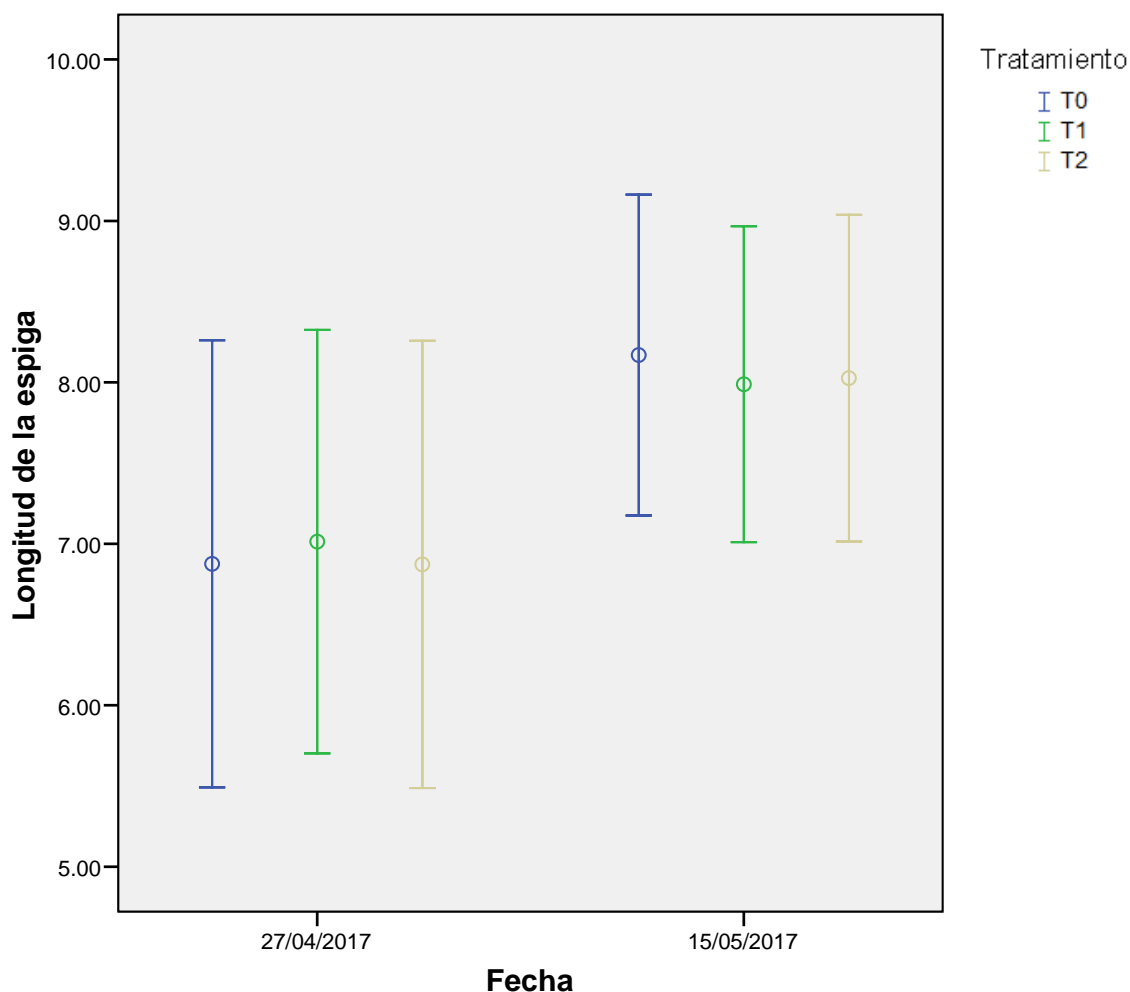


Figura 44. Longitud de la espiga (cm) en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica

Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable longitud de la espiga en función del tratamiento para cada fecha de muestreo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
27/04/2017	Inter-grupos	.681	2	.341	.195	.823
	Intra-grupos	1251.618	717	1.746		
	Total	1252.300	719			
15/05/2017	Inter-grupos	2.186	2	1.093	1.105	.332
	Intra-grupos	353.170	357	.989		
	Total	355.356	359			

Por su parte, la anchura únicamente permitió la evaluación de un valor, concretamente el mismo día de cosecha, con la espiga totalmente formada (23/06/2017).

El valor medio de la anchura de las espigas del tratamiento mineral (T2) resultó superior (Figura 45), pero el análisis de la varianza demostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza realizado (Tabla 19).

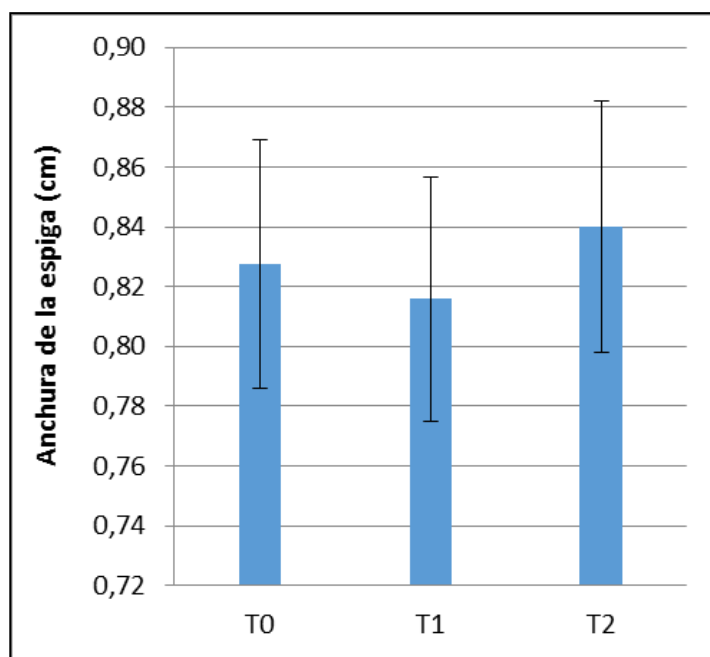


Figura 45. Anchura de la espiga (cm) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable anchura de la espiga en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
23/06/2017	Inter-grupos	.035	2	.018	2.152	.118
	Intra-grupos	2.907	357	.008		
	Total	2.942	359			

- Número de granos por espiga**

No se observan diferencias significativas entre tratamientos (Figura 46), de acuerdo con el análisis de varianza realizado (Tabla 20).

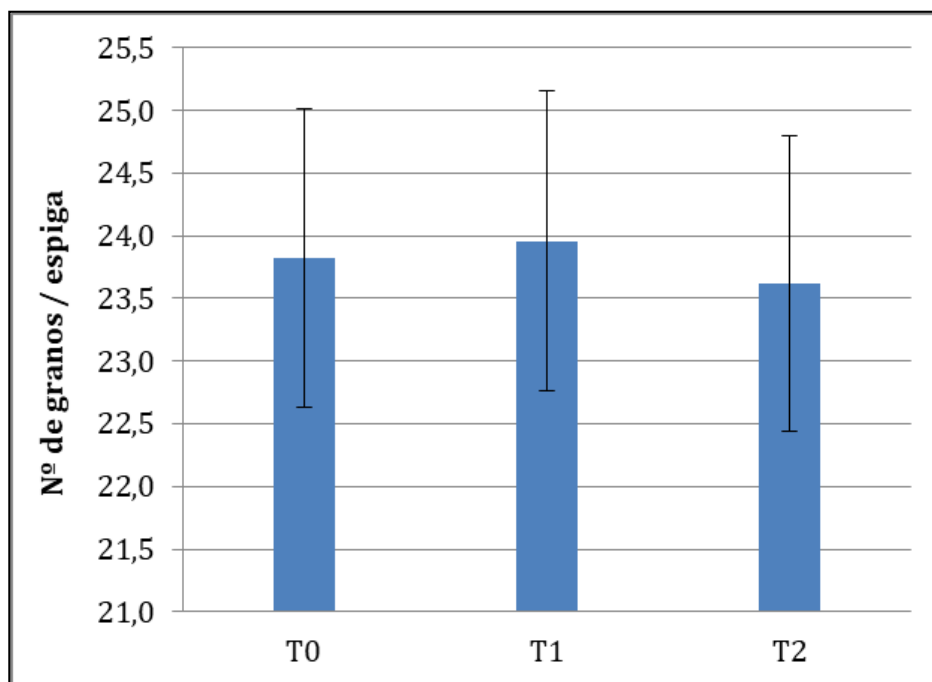


Figura 46. Número de granos por espiga en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable número de granos por espiga en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
31/05/2017	Inter-grupos	22.689	2	11.344	.725	.485
	Intra-grupos	5587.300	357	15.651		
	Total	5609.989	359			

- Número de espigas por planta**

En relación al parámetro agronómico previamente tratado, hijuelos/planta o macollaje, se estudió igualmente el número de espigas viables que era capaz de generar cada planta. Los valores mostrados en la Figura 47, a fecha de cosecha (23/06/2017), denotan unos valores muy similares al parámetro antes citado, donde el cultivo con menos abonado es el que ha generado un mayor número de espigas para asegurar dicha descendencia. En este caso, se obtienen diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$), de acuerdo con el análisis ANOVA realizado (Tabla 21).

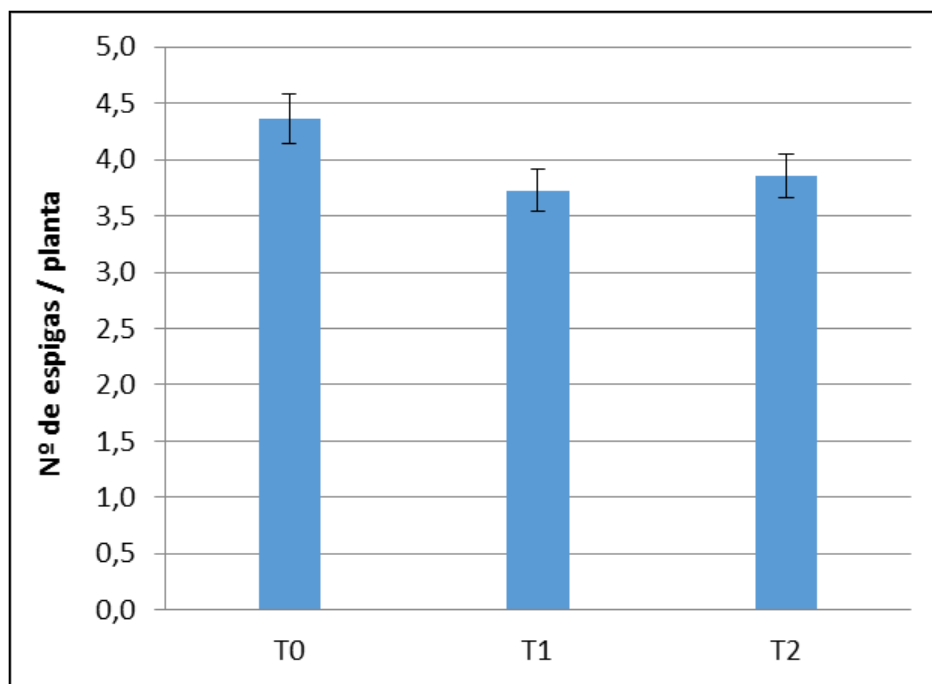


Figura 47. Número de espigas por planta en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable espigas por planta en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
23/06/2017	Inter-grupos	36.939	2	18.469	3.727	.025
	Intra-grupos	1769.017	357	4.955		
	Total	1805.956	359			

Para la fecha de muestreo, el test de Tukey determina diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control (T0) y el orgánico (T1) para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo VI, i), b), Tabla 23 y Tabla 24]. Como se comenta en la última fecha de muestreo de la variable *Tamaño de la plántula*, al estar tan cerca de la cosecha (en este caso, en el mismo día), se interpreta que estas diferencias pueden condicionar la producción final de ambos tratamientos mencionados.

Entre el conjunto de parámetros denominados “de pre-cosecha” [Anexo VI, i), c), Tabla 36], existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables de nº de espigas por planta y anchura de la espiga. En ambas variables se demuestra una correlación entre tratamientos muy similar.

- **Peso de mil granos**

La Figura 48 y la Tabla 22 muestran la ausencia de diferencias significativas para las muestras recabadas en cada banda tras la cosecha manual y tras la cosecha mecanizada (23/06/2017).

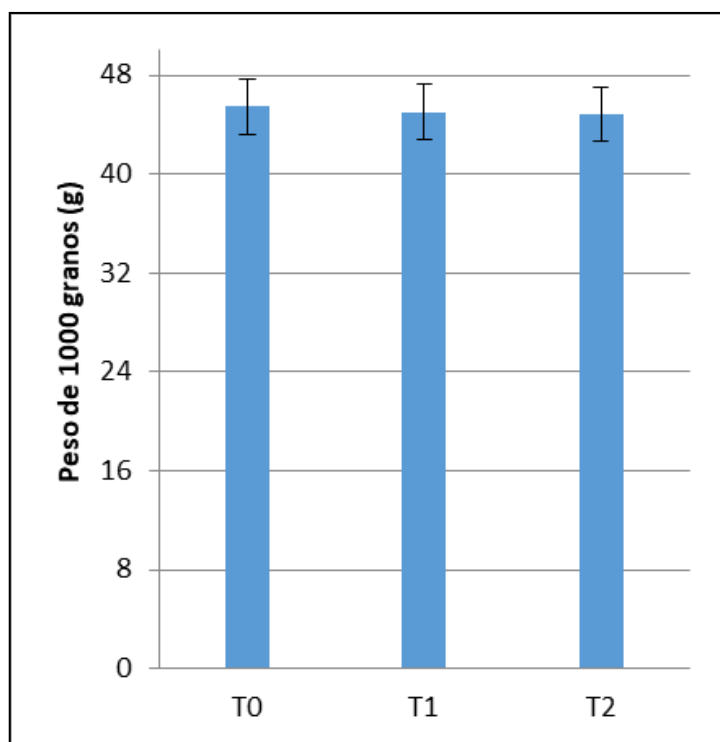


Figura 48. Peso de 1000 granos (g) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable peso de 100 granos en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
23/06/2017	Inter-grupos	1.362	2	.681	1.447	.285
	Intra-grupos	4.235	9	.471		
	Total	5.597	11			

- **Peso específico**

Pese a que las diferencias de fertilización entre los tratamientos supondrían variaciones en la calidad final del grano, no existen diferencias significativas entre tratamientos (Figura 49 y Tabla 23) para la fecha muestreada (23/06/2017).

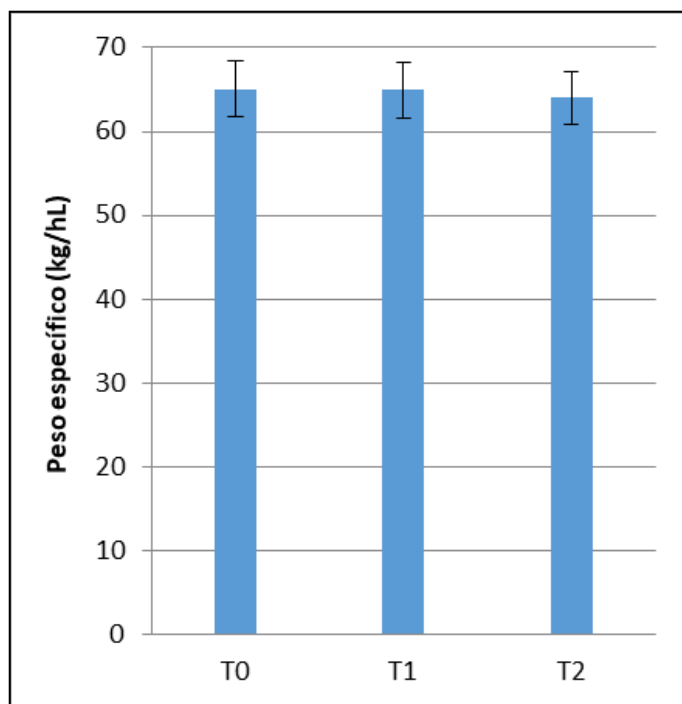


Figura 49. Peso específico (kg/hL) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable peso específico en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
23/06/2017	Inter-grupos	.222	2	.111	.107	.900
	Intra-grupos	9.335	9	1.037		
	Total	9.557	11			

• Rendimiento

Utilizando los datos de cosecha mecanizada (similares a los obtenidos manualmente) se repite la misma tendencia que en las variables de *Peso de 1000 granos* y *Peso específico*: se observan (Figura 50) rendimientos medios superiores en el tratamiento control (T0) frente al orgánico (T1). No obstante, dichas diferencias no son significativas tras la realización del ANOVA (Tabla 24).

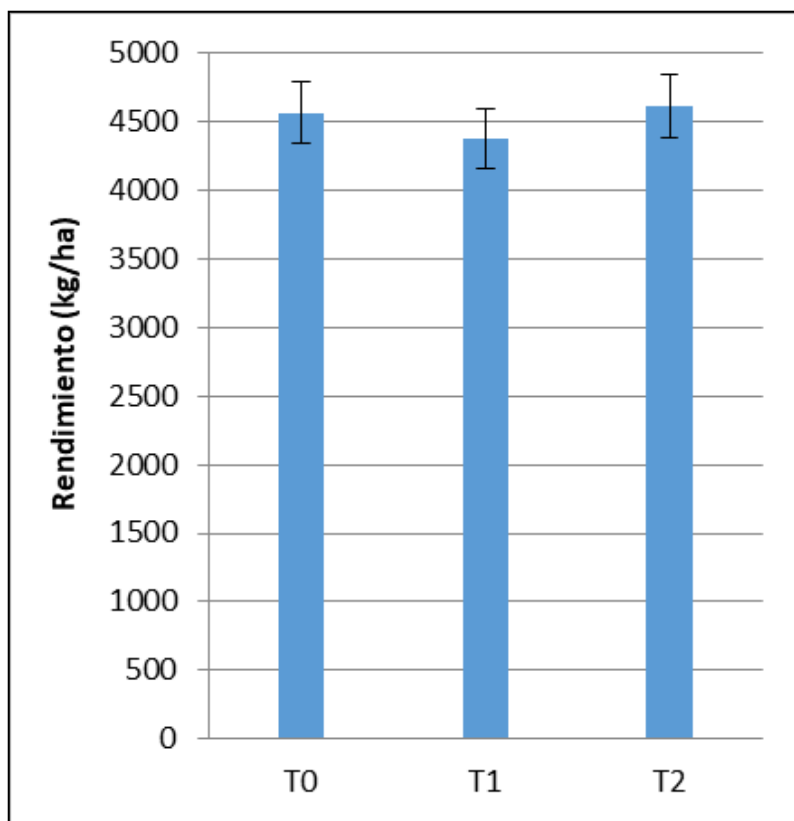


Figura 50. Rendimiento (kg/ha) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable rendimiento en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
23/06/2017	Inter-grupos	128305.145	2	64152.573	1.092	.376
	Intra-grupos	528786.318	9	58754.035		
	Total	657091.463	11			

- Humedad relativa**

Siguiendo la misma tendencia que las otras tres variables de cosecha muestreadas a fecha 23/06/2017, no se muestran diferencias significativas entre tratamientos (Figura 51 y Tabla 25).

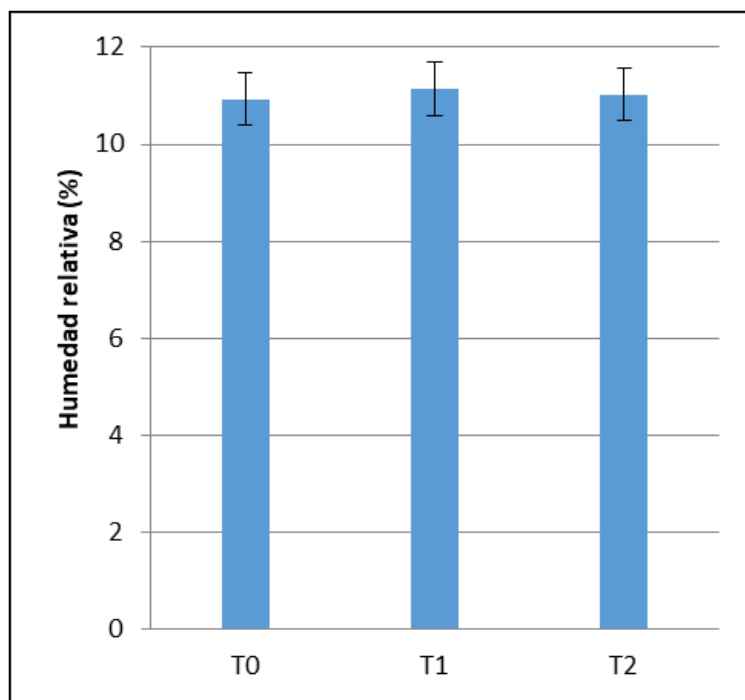


Figura 51. Humedad relativa (%) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable humedad relativa en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
23/06/2017	Inter-grupos	.665	2	.333	1.500	.274
	Intra-grupos	1.995	9	.222		
	Total	2.660	11			

Destacar, a pesar de no tratarse de diferencias significativas, que en el tratamiento mineral (T2) se han obtenido valores medios más reducidos que en el orgánico (T1).

Entre el conjunto de parámetros denominados “de cosecha” existe una correlación estadísticamente significativa [Anexo VI, i), c), Tabla 37], entre las variables de rendimiento y el peso de 1000 granos ($p \leq 0,01$) y entre las de rendimiento y el peso específico ($p \leq 0,01$). En cuanto a peso de mil granos y peso específico, hubiera resultado interesante obtener diferencias significativas en estos parámetros, así como mayores niveles de humedad para el tratamiento mineral (en el que ha ocurrido lo contrario) para relacionarlo con la mayor absorción de agua que se suele ligar a la aplicación de abonos en forma de sales minerales.

4.1.2. Seguimiento de parámetros relacionados con la fertilidad física, química y biológica del suelo

- **Análisis físico-químico**

La Tabla 26 muestra los valores medios de los principales nutrientes del suelo, analizados posteriormente a la cosecha. Los datos globales se recogen en el Anexo I, ii). La diferencia entre dichos valores y los valores iniciales se refleja porcentualmente en la Tabla 27.

Tabla 26. Media por tratamiento de los análisis de suelo tras la cosecha del cultivo

Análisis	Unidades	Tratamiento T0	Tratamiento T1	Tratamiento T2
Materia orgánica	%	1,65	1,58	1,72
Nitrógeno (NO ₃)	ppm	2,75	3,25	3,25
Fósforo soluble (P ₂ O ₅)	ppm	14,55	15,65	16,5
Fosforo total (P)	ppm	823,25	832,25	848,25
Potasio (K ₂ O)	ppm	183	186	216
Calcio (Ca)	ppm	6743	6754	6680
Magnesio (Mg)	ppm	78	76	76
Sodio (Na)	ppm	19,5	19,8	16,3

Tabla 27. Diferencia de los parámetros físico-químicos (%) respecto a la analítica obtenida previo al ensayo

Análisis	Tratamiento T0	Tratamiento T1	Tratamiento T2
Materia orgánica	-7,88	-12,48	-3,64
Nitrógeno (NO ₃)	-81,82	-53,85	-53,85
Fósforo soluble (P ₂ O ₅)	1,72	8,63	13,33
Fosforo total (P)	-5,68	-4,54	-2,56
Potasio (K ₂ O)	-40,98	-38,90	-19,44
Calcio (Ca)	0,27	0,43	-0,67
Magnesio (Mg)	-2,56	-5,61	-5,26
Sodio (Na)	17,95	18,99	1,54

Los macroelementos primarios han llevado una progresión esperada: el nitrógeno y la potasa en los tratamientos orgánico (T1) y mineral (T2), provistos de estos nutrientes en fondo, disminuido en menor medida que el tratamiento control (T0). El fósforo soluble, por su parte, se ha incrementado más en el tratamiento mineral (T2), ya que en el abonado orgánico (T1) y en el control (T0) ha sido mayormente consumido por el cultivo. Destacar

igualmente el papel del abono orgánico para la reducción del fósforo bloqueado en forma de fosfato tricálcico, por delante de las otras técnicas de fertilización, aumentando el valor del fósforo soluble, tal y como se comenta en el apartado *Alternativas hacia una fertilización racional*.

Por su parte, en los macroelementos secundarios se destaca el aumento de sodio y calcio soluble en los tratamientos control (T0) y orgánico (T1).

Finalmente, destacar las variaciones sufridas por la materia orgánica, donde el mayor descenso se ha producido en el tratamiento orgánico (T1). Este hecho podría explicarse de manera conjunta al apartado del porcentaje de micorrización, pues un mayor nivel de hongos arbusculares en el suelo lleva consigo una mayor descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, al no haberse constatado un mayor nivel de actividad biológica al analizar las poblaciones microbianas, como se describe posteriormente, no se puede establecer una relación directa entre la disminución de este parámetro y la proliferación de organismos descomponedores. Estudios posteriores permitirán evaluar esta relación cuando se haya alcanzado una situación de mayor equilibrio.

- **Potencial micorrízico**

La Figura 52 muestra el valor medio de los diferentes potenciales micorrícicos obtenidos con las tablas probabilísticas de Fisher & Yates (1970) y la Tabla 28 determina diferencias significativas entre tratamientos.

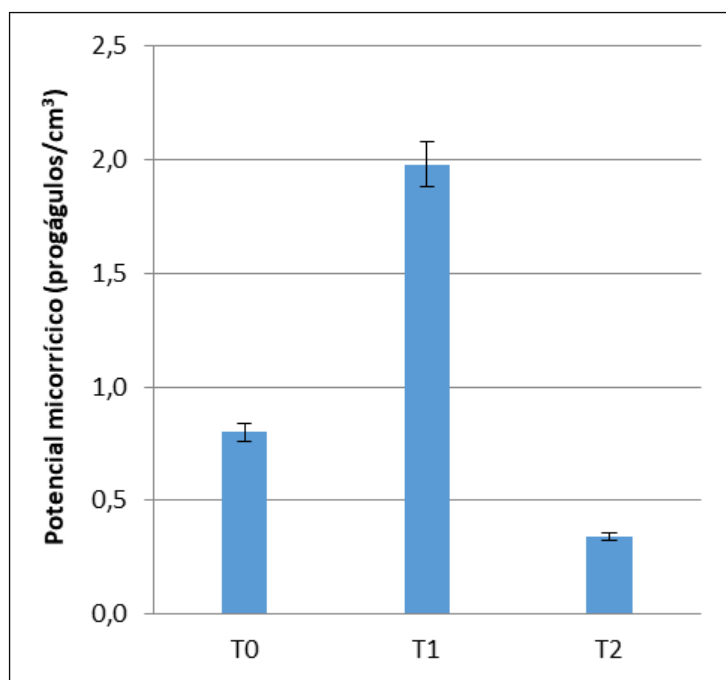


Figura 52. Potencial micorrícico (propágulos/cm³) en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable potencial micorrícico en función del tratamiento

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5.689	2	2.844	14.630	.001
Intra-grupos	1.750	9	.194		
Total	7.438	11			

El test de Tukey determina diferencias significativas entre el tratamiento orgánico (T1) y los tratamientos control (T0) y mineral (T2) para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo VI, i), b), Tabla 25 y Tabla 26].

Estos valores, comparados con el ya obtenido en el análisis previo al ensayo (0,45 propágulos micorrícicos/cm³), determinan variaciones para cada tratamiento de estudio reflejadas en la tabla Tabla 29:

Tabla 29. Variación (%) del potencial micorrícico tras un ciclo de cultivo

	T0	T1	T2
% variación	76,84	339,82	- 23,42

Se destaca como las prácticas orgánicas favorecen el desarrollo de los hongos simbióticos frente a los aportes minerales, que no la mantienen, sino que incluso llegan a disminuirla.

- **Estudio de la colonización micorrícica producida en el interior de la raíz**

Los resultados (Figura 53), obtenidos inicialmente en porcentaje de micorrización, fueron modificados al arcoseno del valor porcentual, transformación recomendada para valores de proporción.

Se muestran diferencias significativas entre tratamientos en ambas fechas de evaluación con el análisis ANOVA realizado (Tabla 30).

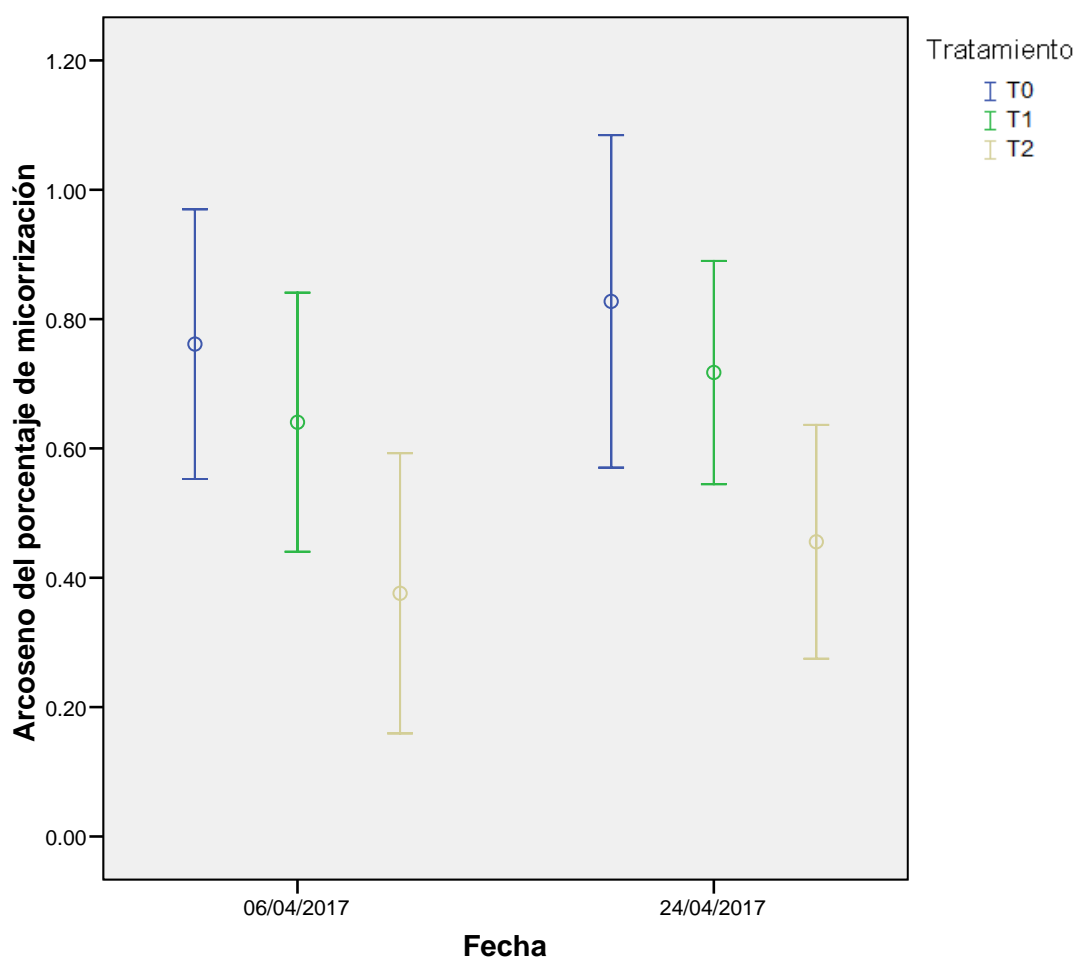


Figura 53. Arcoseno del porcentaje de micorrización en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica

Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable arcoseno del porcentaje de micorrización en función del tratamiento para cada fecha de muestreo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
06/04/2017	Inter-grupos	3.107	2	1.554	35.689	.000
	Intra-grupos	5.093	117	.044		
	Total	8.200	119			
24/04/2017	Inter-grupos	2.918	2	1.459	34.033	.000
	Intra-grupos	5.016	117	.043		
	Total	7.935	119			

Para la primera fecha de muestreo, el test de Tukey determina que existen diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tratamientos entre sí, para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo VI, i), b), Tabla 27 y Tabla 28].

Estas diferencias significativas, entre los 3 tratamientos, se vuelven a reiterar para un nivel de significación $p \leq 0,05$ a fecha 26/04/2017 [en Anexo VI, i), b), Tabla 29 y Tabla 30].

A diferencia del potencial micorrízico, es siempre el tratamiento control (T0) el que ha generado valores más altos de porcentaje de colonización micorrízica producida en el interior de la raíz, lo que denota una mayor estrés nutricional de las plantas sin abono, que se traduce en una mayor micorrización con el objetivo de explorar un mayor volumen de suelo y adquirir la capacidad de absorber una mayor cantidad de agua y de nutrientes.

- **Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna**

Los resultados reflejados en la Figura 54 para el número de individuos de diferentes órdenes capturados en las trampas de suelo de macrofauna solo demuestran diferencias significativas para el orden *Arachnida* (Tabla 31), que resultó superior en el tratamiento testigo frente al mineral.

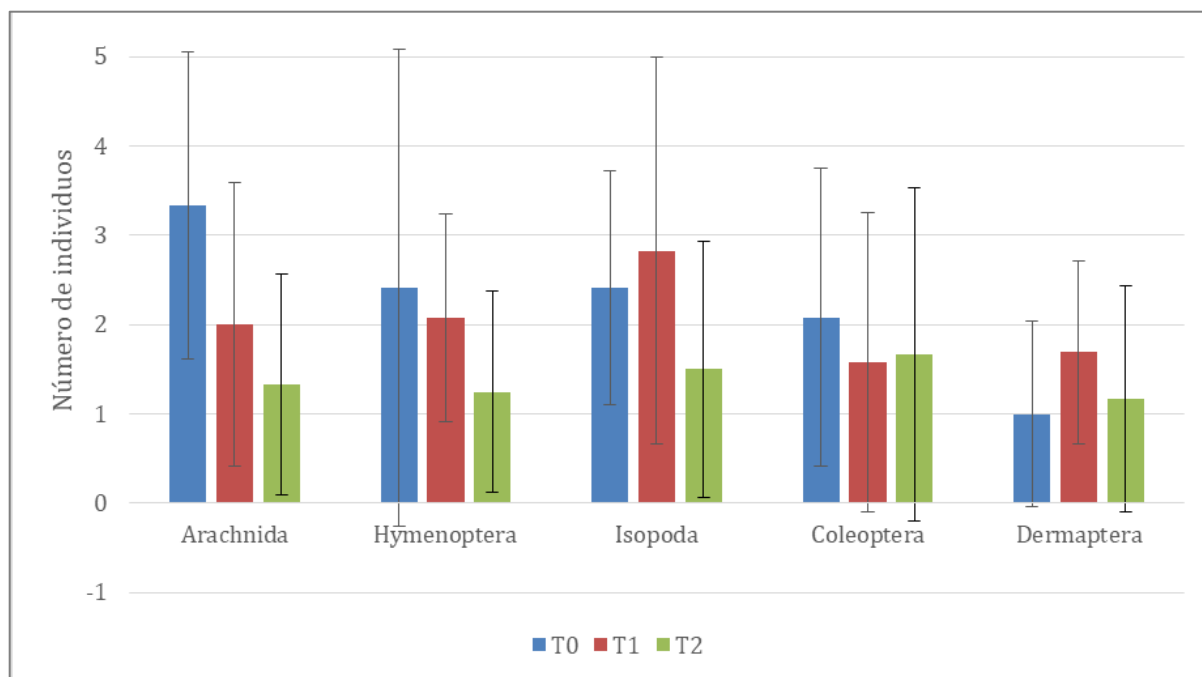


Figura 54. Número de individuos de las diferentes familias de macrofauna en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable número de individuos de las diferentes familias de macrofauna en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arachnida	Inter-grupos	24.889	2	12.444	5.310	.010
	Intra-grupos	77.333	33	2.343		
	Total	102.222	35			
Hymenoptera	Inter-grupos	8.667	2	4.333	1.323	.280
	Intra-grupos	108.083	33	3.275		
	Total	116.750	35			
Isopoda	Inter-grupos	11.167	2	5.583	1.969	.156
	Intra-grupos	93.583	33	2.836		
	Total	104.750	35			
Coleoptera	Inter-grupos	1.722	2	.861	.283	.756
	Intra-grupos	100.500	33	3.045		
	Total	102.222	35			
Dermaptera	Inter-grupos	4.667	2	2.333	1.863	.171
	Intra-grupos	41.333	33	1.253		
	Total	46.000	35			

Para la orden *Arachnida*, el test de Tukey ha determinado que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control (T0) y el mineral (T2), para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo VI, i), b), Tabla 31 y Tabla 32].

Se ha evaluado igualmente la diversidad total de macrofauna presente sobre el suelo, teniendo en cuenta el número de órdenes encontrado en cada tratamiento (Figura 55). Los resultados obtenidos demuestran diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 32).

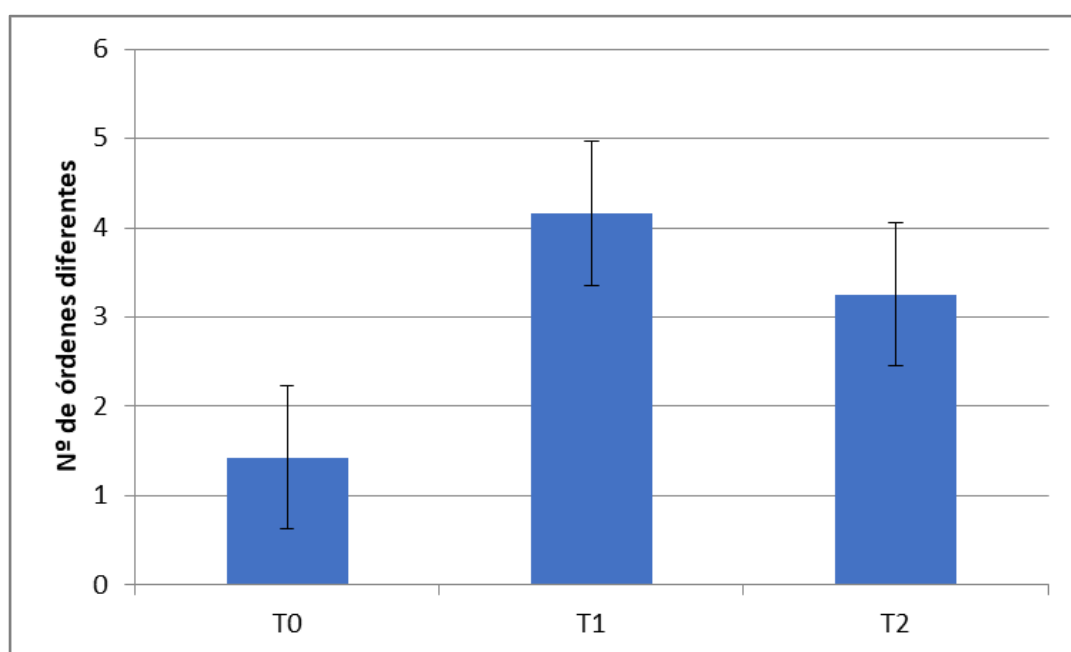


Figura 55. Número de individuos de la diversidad total de macrofauna en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 32. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable diversidad total de macrofauna en función del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diversidad total	Inter-grupos	5.722	2	2.861	3.948	.029
	Intra-grupos	23.917	33	.725		
	Total	29.639	35			

El test de Tukey determina diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento mineral (T2) y el orgánico (T1) para nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo

VI, i), b), Tabla 31 y Tabla 32].

Para interpretar estos datos, se han tenido en cuenta las *Tarjetas de Salud de Ecosistemas Agrícolas* publicadas por el instituto Neiker (www.neiker.es), ya que para nuestra zona no se ha encontrado información relativa a la diversidad de macrofauna en modalidad diagnóstico básico como es el caso. Si tuviéramos en cuenta los rangos de diversidad planteados por estas tarjetas, nos situaríamos, para todos los tratamientos, en niveles catalogados como “malos” en cuanto a número de órdenes de organismos capturados (< 6 órdenes diferentes). Se hace necesario realizar este tipo de muestreos en diferentes condiciones edafoclimáticas para nuestra zona de estudio y de esa forma tener una mejor percepción de los resultados obtenidos.

A nivel comparativo entre tratamientos, el mayor nivel de microorganismos encontrado en el tratamiento orgánico resulta interesante y lleva a pensar que los niveles de abono orgánico en este tratamiento han atraído un mayor número de órdenes diferentes a estas zonas del ensayo.

- **Análisis cuantitativo de algunas poblaciones microbianas**

Los resultados obtenidos (Figura 56) no presentan diferencias significativas entre tratamientos para las diferentes poblaciones microbianas presentes en el suelo (Tabla 33), ni han resultado diferencias respecto a la caracterización inicial realizada (Figura 15). Hubiera resultado esperable un incremento de las UFC para el tratamiento orgánico, como resultado de la mayor proliferación de microorganismos que se suele producir con la adición de enmiendas orgánicas.

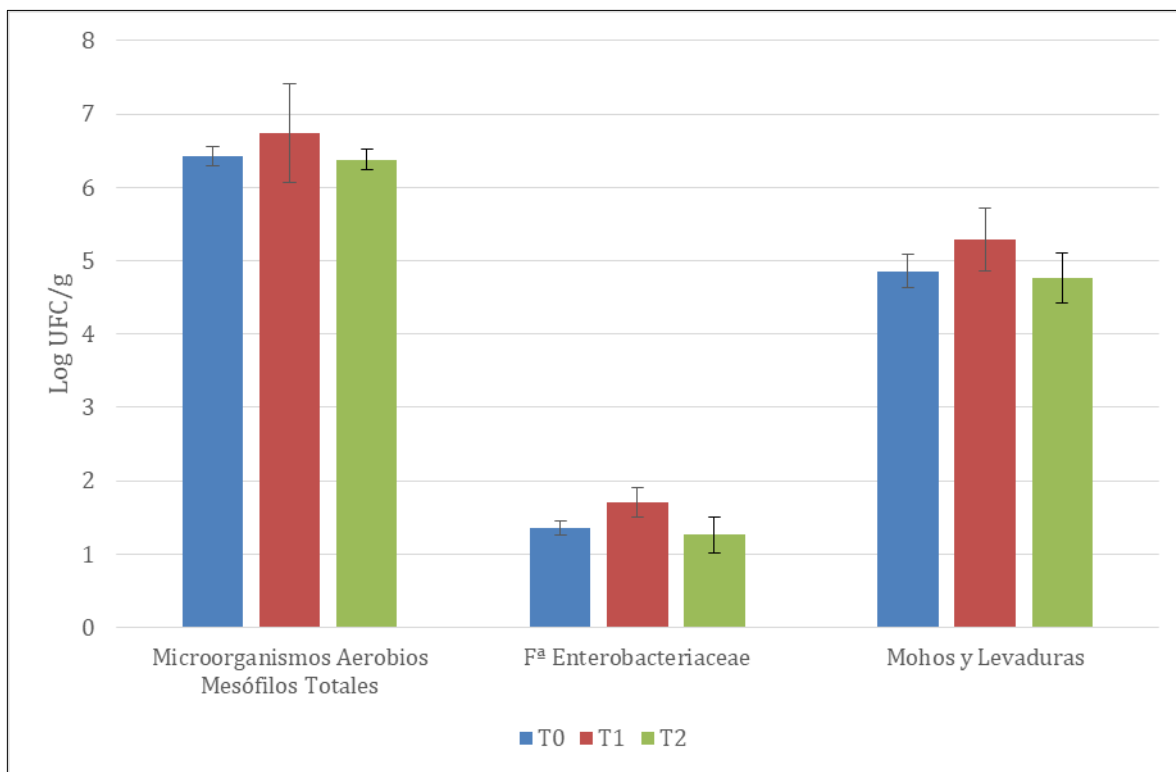


Figura 56. Unidades formadoras de colonias microbianas en función del tratamiento. Media y desviación típica

Tabla 33. Análisis de varianza (ANOVA) de la variable unidades formadoras de colonias microbianas en función del tratamiento y de cada grupo microbiano

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Microorganismos Aerobios Mesófilos totales	Inter-grupos	.226	2	.113	2.055	.209
	Intra-grupos	.331	6	.055		
	Total	.557	8			
Fa Enterobacteriaceae	Inter-grupos	.319	2	.160	.856	.471
	Intra-grupos	1.119	6	.187		
	Total	1.438	8			
Mohos y Levaduras	Inter-grupos	.457	2	.228	2.347	.177
	Intra-grupos	.584	6	.097		
	Total	1.041	8			

4.1.3. Análisis económico

A partir de los resultados obtenidos utilizando las tablas de cálculo del MAPAMA

(Anexo V), se recogen los costes por operación y por hectárea, en euros de los diferentes tratamientos (Tabla 34). Por su parte, teniendo en cuenta las dosis aplicadas, en la Tabla 35 se ha calculado el coste de cada tratamiento. Se considera que el tratamiento control (T0) tiene un coste cero.

Tabla 34. Costes estimados para las aplicaciones de abonado (Elaboración propia)

	Operación realizada	Precio operación (€/ha)
Tratamiento T1	Aplicación abonado de fondo (gallinaza deshidratada)	19,49
	Aplicación abonado de cobertera (extracto de algas marinas)	5,69
Tratamiento T2	Aplicación abonado de fondo (complejo NPK)	19,49

Tabla 35. Costes estimados para los productos utilizados en los tratamientos abonados (Elaboración propia)

	Tratamiento aplicado	Precio unitario (€/kg - L)	Precio tratamiento (€/ha)
Tratamiento T1	Gallinaza deshidratada a 250 kg/ha	0,26	65,00
	Extracto de algas marinas a 2 L/ha	11,20	22,40
Tratamiento T2	Complejo NPK a 300 kg/ha	0,35	105,00

Los resultados de este análisis son específicos a los precios de mercado considerados y a las dosis de producto aplicadas, por lo que la interpretación de los resultados no es extrapolable en caso de que dichas variables fueran modificadas.

Los ingresos generados²⁷ se han calculado a partir de los valores de rendimiento medios en los tres tratamientos (Figura 50) y el valor en lonja de la cebada para pienso, establecido para el mes de julio de 2017 (tras cosecha) en 154,7 €/T (www.aragon.es), se determinan los ingresos estimados generados (Tabla 36).

Dejando aparte el tratamiento control (T0), que debido a la nula realización de labores adicionales a los otros dos tratamientos comparativos y al buen estado agronómico del suelo para poder sustentar una cosecha sin el aporte de fertilizantes, se destaca la comparativa entre los tratamientos orgánico (T1) y mineral (T2). Asociando

²⁷ Debido a que todas las prácticas supondrían el mismo ingreso vía PAC (condicionados por el tipo de cultivo empleado), este valor no se tiene en cuenta en el estudio.

gastos e ingresos de cada tratamiento, se reporta un saldo favorable al tratamiento mineral (T2) de 24,75 €/ha (Tabla 36).

Tabla 36. Beneficios estimados para cada tratamiento de estudio (Elaboración propia)

(€/ha)	T0	T1	T2
Ingresos	706,86	676,55	713,21
Costes	-	112,58	124,49
Beneficio	706,86	563,97	588,72

4.2. ENSAYO EN INVERNADERO

4.2.1. Seguimiento de parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción

Al desarrollarse el ensayo en condiciones controladas, en las que no intervienen factores edafoclimáticos en el desarrollo del cultivo, se considera que su evolución solo depende del abono utilizado. En este sentido, las diferencias entre los tratamientos, principalmente entre el control (T0) y los tratamientos abonados (T1 y T2), muestran resultados significativos.

Como parámetros agronómicos se han considerado el peso seco de la parte aérea y del sistema radicular en función del tratamiento.

- **Dosis normal: x1**

El tratamiento control (T0) (Figura 57) presenta un valor más bajo tanto en el peso seco de la parte aérea como del sistema radicular frente a los otros dos tratamientos. El análisis de varianza (ANOVA) muestra diferencias en ambos parámetros de estudio (Tabla 37).

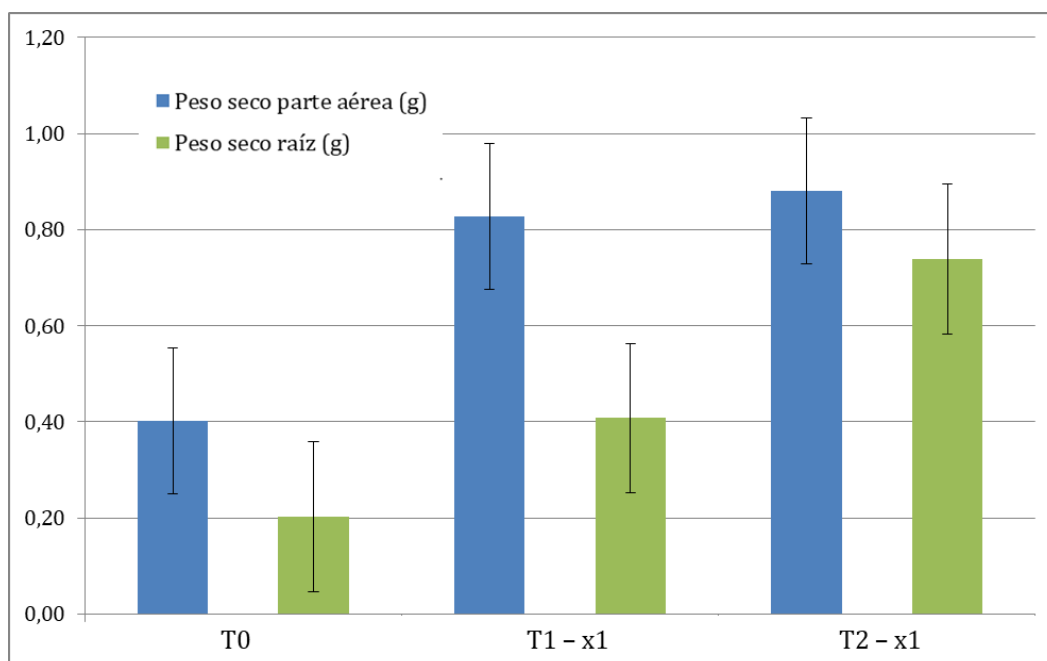


Figura 57. Peso seco de la parte aérea y radicular (g), respectivamente en función del tratamiento a dosis x1. Media y desviación típica

Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular en función del tratamiento a dosis x1

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso seco parte aérea (g)	Inter-grupos	.688	2	.344	35.355	.000
	Intra-grupos	.117	12	.010		
	Total	.805	14			
Peso seco parte radicular (g)	Inter-grupos	.730	2	.365	7.868	.007
	Intra-grupos	.557	12	.046		
	Total	1.287	14			

Para el peso seco de la parte aérea, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas se producen entre el tratamiento control (T0) y los tratamientos orgánico (T1 - x1) y mineral (T2 - x1) [en Anexo VI, ii), b), Tabla 40 y Tabla 41].

A nivel radicular (peso seco de la raíz), el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas se producen únicamente entre el tratamiento control (T0) y el mineral (T2 - x2), [en Anexo VI, ii), b), Tabla 42 y Tabla 43].

- **Dosis duplicada: x2**

Tras elaborar los gráficos de la Figura 58, se observa como el tratamiento control (T0) presenta un valor más bajo tanto en el peso seco de la parte aérea como del sistema radicular frente a los otros dos tratamientos. Sin embargo, se destaca como en los valores del tratamiento orgánico (T1 - x2) han aumentado los valores de ambos parámetros, mientras que en el mineral (T2 - x2) se han reducido. Esta evolución podría estar explicada por el hecho de que los excesos de abonados minerales de síntesis producen ciertas fitotoxicidades sobre el cultivo mermando sus capacidades de desarrollo.

El análisis de varianza realizado (Tabla 38), muestra diferencias significativas en ambos parámetros de estudio.

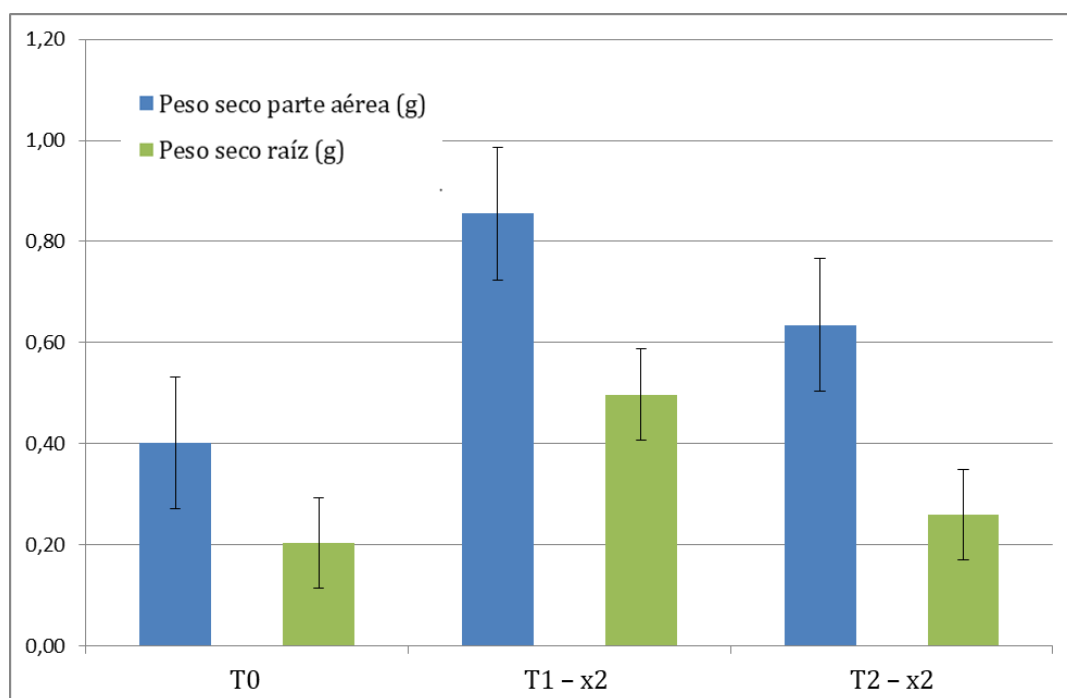


Figura 58. Peso seco de la parte aérea y radicular (g), respectivamente en función del tratamiento a dosis x2. Media y desviación típica

Tabla 38. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular en función del tratamiento a dosis x2

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso seco parte aérea (g)	Inter-grupos	.513	2	.256	33.113	.000
	Intra-grupos	.093	12	.008		
	Total	.606	14			
Peso seco parte radicular (g)	Inter-grupos	.242	2	.121	7.812	.007
	Intra-grupos	.186	12	.016		
	Total	.429	14			

Para el peso seco de la parte aérea, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos entre sí, [en Anexo VI, ii), b), Tabla 44 y Tabla 45].

A nivel radicular (peso seco de la raíz), el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas son entre el tratamiento mineral (T2 – x2) y los tratamientos control (T0) y orgánico (T1 – x2), [en Anexo VI, ii), b), Tabla 46 y Tabla 47].

El aporte de un abonado orgánico, no solo muestra una mejoría frente al resto de abonos minerales, sino que pese a que aumentar la dosis al doble, aumenta los valores de crecimiento de la parte aérea y de la radicular.

- **Dosis triplicada: x3**

Tras elaborar los gráficos de la Figura 59, se observa igualmente como el tratamiento control (T0) presenta un valor más bajo tanto en el peso seco de la parte aérea como del sistema radicular frente a los otros dos tratamientos. Sin embargo, se destaca como el valor del peso seco de la parte aérea del tratamiento mineral (T2 – x3) ha aumentado, alcanzando un valor incluso superior al tratamiento orgánico (T1 – x3). Por su parte, en cuanto al peso seco radicular, se observa una diferencia similar a la demostrada en las dosis duplicadas (x2).

Esta evolución reitera lo comentado anteriormente: los excesos de abonados minerales de síntesis pueden producir ciertas fitotoxicidades sobre todo en el desarrollo

radicular del cultivo (parte en contacto directo con los abonos aportados) mermando sus capacidades de desarrollo considerablemente.

Con el análisis de varianza (ANOVA) realizado (Tabla 39), se denotan diferencias significativas con nivel de significación $p \leq 0,05$ en ambos parámetros de estudio.

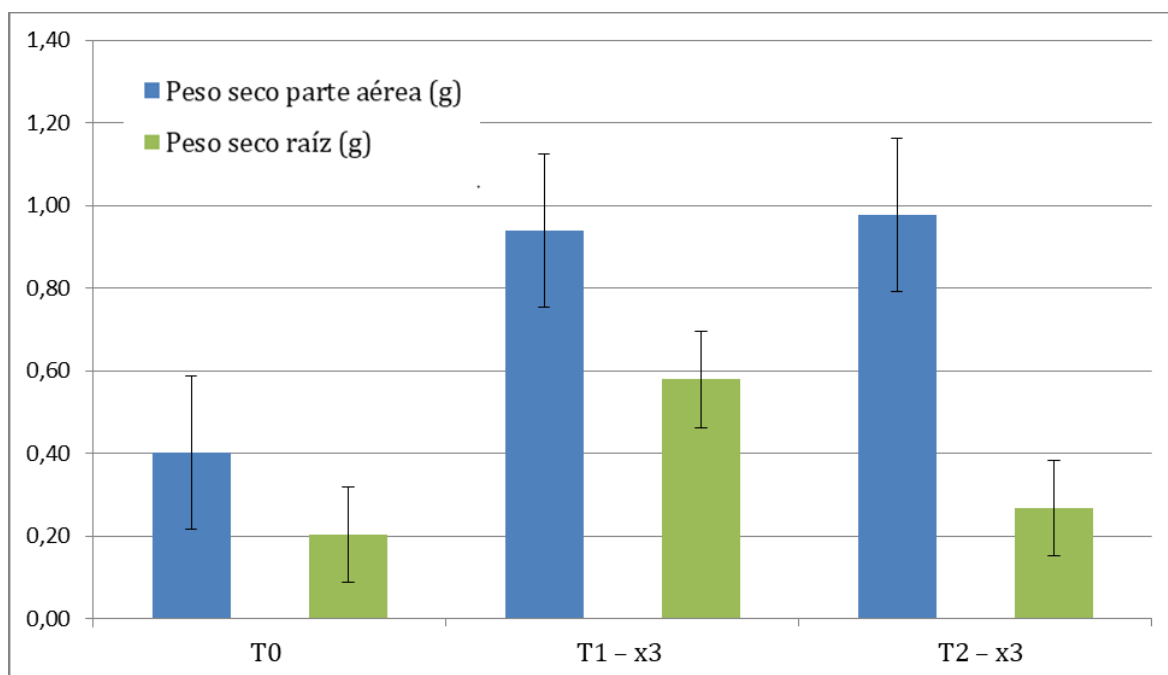


Figura 59. Peso seco de la parte aérea y radicular (g), respectivamente en función del tratamiento a dosis x3. Media y desviación típica

Tabla 39. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular en función del tratamiento a dosis x3

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso seco parte aérea (g)	Inter-grupos	1.035	2	.517	35.183	.000
	Intra-grupos	.176	12	.015		
	Total	1.211	14			
Peso seco parte radicular (g)	Inter-grupos	.402	2	.201	5.551	.020
	Intra-grupos	.435	12	.036		
	Total	.837	14			

Para el peso seco de la parte aérea, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control (T0) y los tratamientos orgánico (T1 - x3) y mineral (T2 - x3) [en Anexo VI, ii), b),

Tabla 48 y Tabla 49].

A nivel radicular (peso seco de la raíz), el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas son entre el tratamiento control (T0) y el orgánico (T1 – x3) [en Anexo VI, ii), b), Tabla 50 y Tabla 51].

Finalmente se pusieron en relación los tratamientos y las dosis empleadas con un análisis de varianza univariante para demostrar que existen diferencias significativas, tanto en el peso seco de la parte aérea como en el peso seco de la parte radicular, entre ambos parámetros (Tabla 40).

Tabla 40. Análisis de varianza univariante para las variables de peso seco de la parte aérea y radicular

		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso seco parte aérea (g)	Hipótesis	.117	2	.059	4.768	.017
	Error	.344	28	.012		
Peso seco parte radicular (g)	Hipótesis	.617	2	.309	8.551	.001
	Error	1.010	28	.036		

4.2.2. Seguimiento de parámetros relacionados con la fertilidad biológica del suelo

- **Estudio de la colonización micorrícica producida en el interior de la raíz**

Del mismo modo que se ha realizado para los parámetros relacionados con el crecimiento y la producción, se ha llevado a cabo el estudio de estos parámetros en función de la dosis de abono empleada para cada una de las dos fechas muestreadas. Destacar que tal y como se ha realizado en el análisis de este parámetro en parcela de campo, se ha decidido trabajar con el arcoseno del valor porcentual obtenido para reducir la capacidad de error (Figura 60).

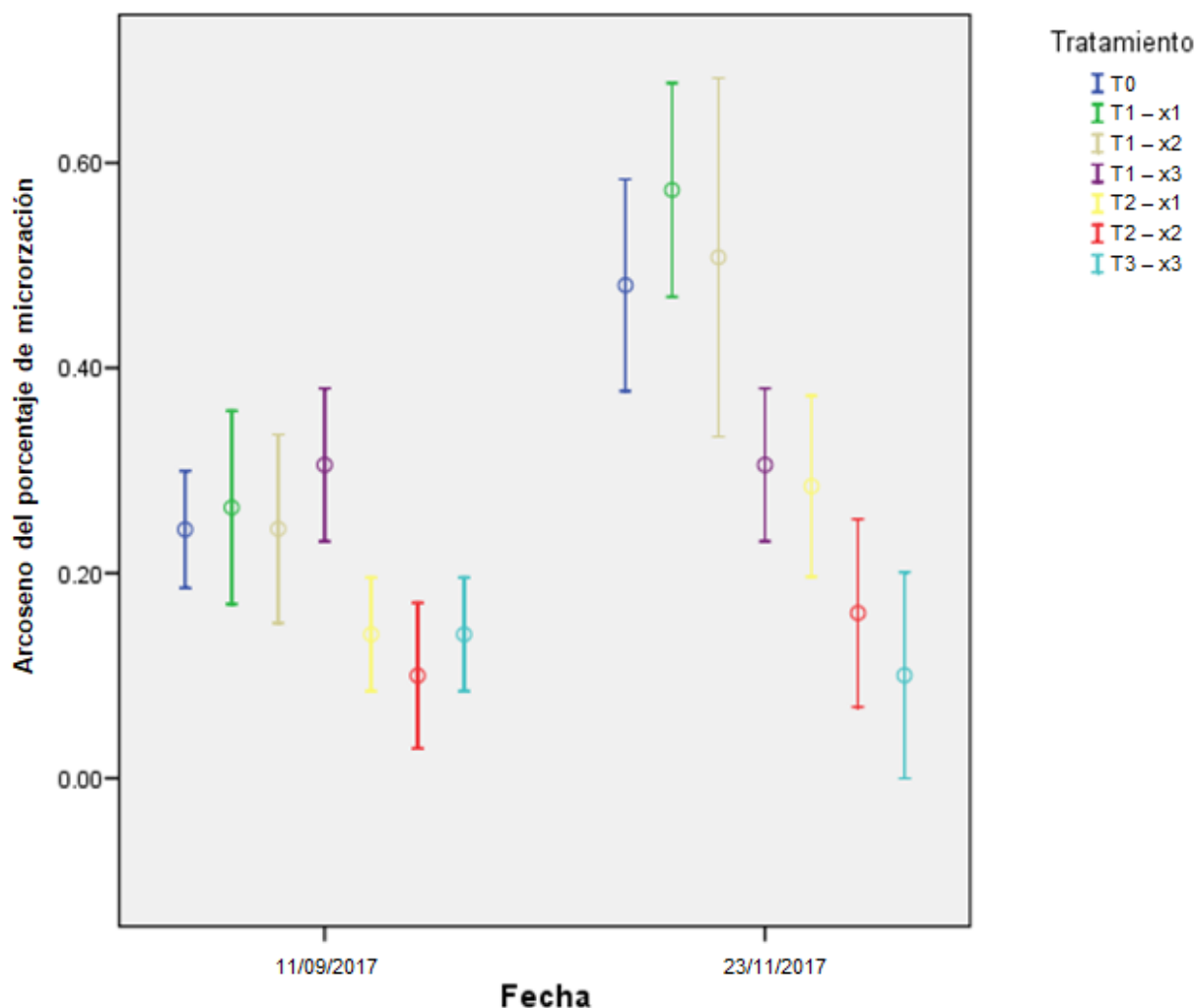


Figura 60. Arcoseno del porcentaje de micorrización en función del tratamiento y de la fecha de muestreo. Media y desviación típica

- **Dosis normal: x1**

El tratamiento orgánico (T1 - x1) presenta un valores superiores a los obtenidos con el tratamiento control (T0) y sobre todo, con el tratamiento mineral (Figura 60). Reafirmado con el análisis de varianza (ANOVA) realizado (Tabla 61), se denotan diferencias significativas en ambas fechas de estudio.

Tabla 41. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de micorrización en función del tratamiento a dosis x1

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
11/09/2017	Inter-grupos	.044	2	.022	4.312	.039
	Intra-grupos	.061	12	.005		
	Total	.104	14			
23/11/2017	Inter-grupos	.217	2	.109	11.131	.002
	Intra-grupos	.117	12	.010		
	Total	.335	14			

En la primera fecha de muestreo, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas son entre el tratamiento mineral (T2 – x1) y el orgánico (T1 – x1), para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo VI, ii), b), Tabla 52 y Tabla 53].

Para la segunda fecha de muestreo, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas son entre el tratamiento mineral (T2 – x1) y los tratamientos control (T0) y orgánico (T1 – x1), para un nivel de significación $p \leq 0,01$ [en Anexo VI, ii), b), Tabla 54 y Tabla 55].

- **Dosis duplicada: x2**

El tratamiento control (T0) y orgánico (T1 – x2) presentan valores más similares entre sí, pero con el tratamiento mineral (T2 – x2) las diferencias son incluso mayores a las mostradas en la dosis normal en ambas fechas de estudio. Estos resultados se confirman con el análisis de varianza (ANOVA) realizado (Tabla 42).

Tabla 42. Análisis de varianza (ANOVA) la variable porcentaje de micorrización en función del tratamiento a dosis x2

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
11/09/2017	Inter-grupos	.068	2	.034	6.086	.015
	Intra-grupos	.067	12	.006		
	Total	.135	14			
23/11/2017	Inter-grupos	.372	2	.186	11.246	.002
	Intra-grupos	.198	12	.017		
	Total	.570	14			

Para el 11/09/2017, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas son entre el tratamiento mineral (T2 – x2) y los tratamientos control (T0) y orgánico (T1 – x2), para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo VI, ii), b), Tabla 56 y Tabla 57].

Para el 23/11/2017, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas son entre el tratamiento mineral (T2 – x2) y los tratamientos control (T0) y orgánico (T1 – x2), para un nivel de significación $p \leq 0,01$ [en Anexo VI, ii), b), Tabla 58 y Tabla 59].

- **Dosis triplicada: x3**

El tratamiento control (T0) y orgánico (T1 – x3) presentan valores más similares entre sí en la primera fecha. Para la segunda fecha, esas similitudes se disipan y se muestran diferencias amplias entre los tres tratamientos, destacando el mineral (T2 – x3) por debajo de los otros dos. Estos resultados se confirman con el análisis de varianza (ANOVA) realizado (Tabla 43).

Tabla 43. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de micorrización en función del tratamiento a dosis x3

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
11/09/2017	Inter-grupos	.070	2	.035	8.783	.004
	Intra-grupos	.047	12	.004		
	Total	.117	14			
23/11/2017	Inter-grupos	.363	2	.181	20.643	.000
	Intra-grupos	.105	12	.009		
	Total	.468	14			

Para la primera fecha de muestreo, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que las diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento mineral (T2 – x3) y el orgánico (T1 – x3) para un nivel de significación $p \leq 0,05$ [en Anexo VI, ii), b), Tabla 60 y Tabla 61].

En el muestreo del 23/11/2017, el test de comparaciones múltiples (Tukey) determina que diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tratamientos entre sí, para un nivel de significación $p \leq 0,01$ [en Anexo VI, ii), b), Tabla 62 y Tabla 63].

5. CONCLUSIONES

5.1. ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA

Tras la realización de este primer ensayo, se constata la necesidad de incrementar la duración de este tipo de ensayos para poder validar los resultados obtenidos y evaluar si existe una tendencia hacia la mejora de la fertilidad del suelo objeto de estudio.

En las condiciones de este ensayo y para la campaña agrícola estudiada se puede concluir lo siguiente.

En relación a los parámetros agronómicos del cultivo de cebada *Meseta* relacionados con el crecimiento y la producción, el tratamiento orgánico produjo valores significativamente menores de tamaño de plántula y de espigas por planta frente al tratamiento mineral. El resto de parámetros (plantas/m², longitud radicular, ahijado, longitud de la hoja bandera, tamaño de la espiga (longitud y anchura), índice clorofílico, granos por espiga, peso de 1000 granos, peso específico, rendimiento y humedad relativa) no mostraron diferencias significativas entre los dos tratamientos de estudio.

En relación a los parámetros relacionados con la fertilidad biológica del suelo, el tratamiento orgánico produjo valores significativamente mayores de potencial micorrízico y de porcentaje de micorrización frente al tratamiento mineral. El resto de parámetros (diversidad de macrofauna y poblaciones microbianas) no mostraron diferencias significativas entre los dos tratamientos de estudio.

Los costes operacionales denotan un beneficio de 24,75 €/ha superior del tratamiento mineral frente al orgánico. El desarrollo de técnicas que permitan optimizar el uso de los abonos orgánicos, como la fabricación nacional (reducir costes de transporte) así como mejorar el formato de distribución (reducir dosis de aplicación por superficie), podrían reducir sus costes con el fin de igualarlos al tratamiento mineral. Además, es preciso tener en cuenta que conforme se vayan mejorando las condiciones físicas del suelo, la aplicación anual de estos compuestos orgánicos podría no ser necesaria en todas las campañas.

5.2. ENSAYO EN INVERNADERO

Las condiciones de cultivo permitieron observar diferencias muy claras entre los tratamientos, pero las conclusiones obtenidas no pueden ser directamente extrapolables a parcelas de campo, pues intervienen cantidad de parámetros obviados en este estudio.

En los parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción, evaluando en conjunto todas las dosis utilizadas en este ensayo, se destaca como los aportes minerales y orgánicos aumentan los niveles productivos frente al tratamiento control. Por su parte, en el tratamiento mineral, un exceso de dosis de fertilizante reduce los valores del peso de la parte aérea y de la raíz, mientras que en el orgánico se sigue una progresión positiva pese al aumento de dosis de abono.

En los parámetros relacionados con la fertilidad física, química y biológica del suelo, el tratamiento orgánico produjo valores significativamente mayores de porcentaje de micorrización frente al tratamiento mineral para todas las dosis empleadas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AGRIOS, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Fifth Edition. Academic Press. 952 pp.
- ALLEN, M. (1960). *The uptake of metallic ions by leaves of apple trees. II. The influence of certain anions on uptake from magnesium salts*. J. Hortic. Sci., 35, pp. 127–135.
- ARSHAD, M. A., COEN, G. M. (1992). *Characterization of soil quality: physical and chemical criteria*. American J. of Alternative Agriculture, 7, pp. 25–31.
- ASKEW, D. J., LAING, M. D. (1993). *An adapted selective medium for the quantitative isolation of Trichoderma species*. Plant Pathol, 42, pp. 686–690.
- BADÍA, D., CUCHÍ, J., MARTÍ, C., CASANOVA, J. (2006). *Los suelos de los viñedos en la D.O. Somontano*. Pressas Universitarias de Zaragoza: Consejo Regulador de la Denominación de Origen Somontano, 8, pp. 205.
- BAETHGEN W. E., CHRISTIANSON C. B., LAMOTHE A. G. (1995). *Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield and yield components of malting barley*. Field Crops Research, 43, pp. 87–99.
- BAREA J. M., WERNER D., AZCÓN-AGUILAR C., AZCÓN R. (2005). *Interactions of arbuscular mycorrhiza and nitrogen-fixing symbiosis in sustainable agriculture*. Werner, D., Newton, W. E. (Eds.), Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology and the Environment, 10, pp. 199–222.
- BETRÁN, J. ANDREU, J., DELGADO, I., ESPADA, J. L., GIL, M., GUTIÉRREZ, M., IGUÁCEL, F., ISLA, R., MUÑOZ, F., ORÚS, F., PÉREZ, M., QUÍLEZ, D., IMAZ, E., YAGÜE, M. R. (2006). *Fertilización nitrogenada: guía de actualización*. Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. 196 pp.
- BOSSIO, D. A., SCOW, K. M., GUNALAPA, N., GRAHAM, K. J. (1998). *Determinants of soil microbial communities: effects of agricultural management, season, and soil type on phospholipid fatty acid profiles*. Microbial Ecology, 36, pp. 1–12.
- CAMPBELL, C. A. (1978). *Soil organic carbon, nitrogen and fertility*. Dev. Soil Sci., 8, pp. 173–271.

CHÁVEZ, L., RODRIGUEZ, I., ÁLVAREZ, A. (2016). *Las trampas de caída para el estudio de artrópodos terrestres en ecosistemas naturales y agrícolas*. Revista Granma Ciencia, 20, pp. 2.

COLEMAN, D. C., CROSLEY, D. A., HENDRIX, P. F. (2004). *Fundamentals of Soil Ecology*. 2nd Ed. Elsevier Academic Press. 286 pp.

CUCHÍ, J. A. (2006). *Geología y geomorfología. Comarca de la Hoya de Huesca*. Gobierno de Aragón. Colección territorio, 22, pp. 27–30.

DE LA CRUZ, A., GARCÍA-SERRANO, P. (2012). *La contribución de los fertilizantes a la producción y a la calidad de los alimentos*. Revista Vida Rural, 349, pp. 76–78.

DICK, R. P. (1994). *Soil enzyme activities as indicators of soil quality*. Soil Sci. Soc. Am., 35, pp. 107–124.

DODD, J. C., THOMSON, B. D. (1994). *The screening and selection of inoculant arbuscular-mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi*. Plant and soil. 159, pp. 149–158.

DORAN, J. W., SARRANTONIO, M., LIEBIG, M. A. (1996). *Soil health and sustainability*. Sparks, D. L. (ed.), Advances in Agronomy, 56, pp. 1–54.

DUGGAN, B., WILES, C. (1976). *Effects of municipal compost and nitrogen fertilizer on selected soils and plants*. Compost Sci., 17, pp. 24–31.

FAO (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Informes sobre recursos mundiales de suelos, 96, pp. 83. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>

FAO (2015). *World fertilizer trends and outlook to 2018*. 66 pp. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4324e.pdf>

FAOSTAT (2016). *Anuario estadístico de la FAO 2016*. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

FERNÁNDEZ-UGALDE, O., VIRTO, I., BESCANS, P., IMAZ, M. J., ENRIQUE, A., KARLEN, D. L. (2009). *No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils*. Soil Till. Res., 106, pp. 29–35.

FERRARIS, G., COURETOT L., URRUTIA, J. (2013). *Respuesta a nitrógeno, azufre y zinc en maíz de siembra tardía en el medio-oeste de Buenos Aires*. Aapresid. 5 pp.

FISHER, R. A., YATES, F. (1970). *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*. 6th ed. Hafner Publ. Comp, Davien.

GARCÍA, G., MARTEL, A. (2018). *Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica*. Instituto de Algología Aplicada. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Usos-y-aplicaciones-de-macroalgas-microalgas-y.cid221515>

GARCÍA-SERRANO, P., RUANO, S., LUCENA, J. J., NOGALES, M. (2011). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte I. El suelo, los nutrientes, los fertilizantes y la fertilización*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 119 pp.

GASPAR, L., NAVAS, A., MACHÍN, J., LÓPEZ-VICENTE, M., GÓMEZ-ARZAMENA, J. (2014). *Caracterización edáfica y distribución de ¹³⁷Cs en perfiles de suelos representativos de agrosistemas mediterráneos de montaña*. ITEA, 110 (2), pp. 123–141.

GENVCE (2007). *Meseta. Cebada ciclo largo. CCL17*. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.genvce.org/variedades/cebada/ciclo-largo/meseta/>

GENVCE (2009). *Shakira. Cebada de ciclo corto. CCC33*. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.genvce.org/variedades/cebada/ciclo-corto/shakira/>

GIANFREDA, L., BOLLAG, J. M. (1996). *Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil*. Soil Biochemistry. Stotzky, G., Bollag, J. M. (Eds). Marcel Dekker, 9, pp. 123–193.

GOBIERNO DE ARAGÓN (2014). *Evaluación Ambiental Estratégica del Programa de Desarrollo Rural de Aragón 2014 – 2020. Memoria resumen y Análisis preliminar de incidencia ambiental*. Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. 101 pp. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/InstitutoAragonesGestionAmbiental/Documentos/Memoria%20resumen%20y%20APIA%20PDR%20Arag%C3%B3n%2014-20.pdf>

GOBIERNO DE ARAGÓN (2016–2017). *Coyuntura Agraria de Aragón*. Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/DesarrolloRuralSostenibilidad/AreasTematicas/EstadisticasAgrarias/ci.COYUNTURA_AGRARIA.detalleDepartamento?channelSelected=1cfbc8548b73a210VgnVCM100000450a15acRCRD

GÓMEZ J. A., LLEWELLYN C., BASCH G., SUTTON P. B., DYSON J. S., JONES C. A. (2011). *The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries*. Soil Use and Management, 27, pp. 502–514.

GUERRA, A., MONTURIOL, F., BADORREY, T., GALLARDO, J., CARLEVARIS, J. J., DE LA HORRA, J. L., LABRANDERO, J. L. (1970). *Mapas de suelos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Logroño. Memoria explicativa*. CSIC-Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología José María Albareda.

GUTIÉRREZ, M. V. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Mecanismos de absorción de nutrimentos por el follaje*. Memoria. Laboratorio de suelos y foliares. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. pp. 1–6.

HUERTA, E., CRUZ, J., AGUIRRE, L., CABALLERO, R., PÉREZ, L.F. (2015). *Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada con bioensayo de germinación de lechuga*. Terra Latinoam., 33, 2, pp. 179-185.

IBARRA, P. (2004). *La diversidad edáfica del territorio aragonés*. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. pp. 41–53.

IDEAGRO (2013). *Bioestimulantes y agricultura*. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.ideagro.es/index.php/noticias/61-bioestimulantes-y-agricultura>

IGUAL, N. (2014). *Contaminación por nitratos en acuíferos del Somontano altoaragonés*. Trabajo Fin de Grado de Ciencias Ambientales. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior de Huesca. 103 pp.

IMAZ, M. J., VIRTO, I. (2010). *Tecnología de suelos: estudio de casos*. Usón, A., Boixadera, J. Bosch, A. Martín, A. E. (Ed.). Prensas Universitarias de Zaragoza y Ediciones de la Universidad de Lleida. Colección de textos docentes, 179, 513 pp.

ITGA (2000). *Fertilización en presembrado: Nitrógeno, Fósforo y Potasio*. Navarra Agraria, 122, pp. 51-53.

JAIZME-VEGA, M. C. (2010). *Las micorrizas, microorganismos esenciales en la agricultura ecológica*. Revista Agricultura y Ganadería Ecológica, pp. 28-29.

JIMÉNEZ, R., GONZÁLEZ-QUIÑONES, V. (2006). *La calidad de suelos como medida para su conservación*. Edafología, 13 (3), pp. 125-138.

KARLEN, D. L., DITZLER, C. A., ANDREWS, S. S. (2003). *Soil quality: why and how?*. Geoderma, 114, pp. 145-156.

KOSKE, R. E., GEMMA, J. N. (1989). *A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas*. Mycological Research, 92, pp. 486-505.

LEZÁUN J. A., GOÑI, J., AMÉZQUETA, J., TELLETXE, N., PASCAL, I., REBOLÉ, M. ANDRÉS, S. (2012). *El nemátodo de la espiga de la cebada*. Navarra Agraria, 217, pp. 7-11.

LGSEEDS (2009). *Shakira. Cebada de primavera*. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.lgseeds.es/cultivos/cereal/variedades/shakira/>

LLOVERAS, J., CABASES, M. A. (2015). *Costes de producción de cultivos extensivos en secano y regadío*. Revista Vida Rural, 401, pp. 38-47

LÓPEZ, L. (2011). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte II: Abonado de los principales cultivos en España; cap. 16: Abonado de los cereales de invierno: trigo y cebada*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 259 pp.

LÓPEZ, M. V., BLANCO, N., LIMÓN, M. A., GRACIA, R. (2009). *Siembra directa en el secano aragonés: Efecto sobre el carbono orgánico en el horizonte superficial del suelo*. No Laboreo, 4, pp. 10–12.

MADEJÓN, E., BURGOS, P., LÓPEZ, R., CABRERA, F. (2003). *Agricultural use of three organic residues: effect on orange production and on properties of a soil of the «Comarca Costa de Huelva» (SW Spain)*. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 65, pp. 281–288.

MAPAMA (2014). *Consulta de hojas de cálculo de costes de maquinaria*. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/hojas-calculo-maqui.aspx>

MAPAMA (2018). *Avances de Superficies y Producciones de Cultivos. Abril 2018*. 67 pp. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/cuaderno_abril2018_tcm30-453010.pdf

MAPAMA (2018). *Boletín Mensual de Estadística. Febrero 2018*. 64 pp. [En línea]. [Fecha de última consulta 22 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/03181.pdf>

MARSCHNER, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press, 889 pp.

MARTÍNEZ, J. J. (2009). *El nitrógeno de las aguas subterráneas de la Comunidad de Madrid: descripción de los procesos de contaminación y desarrollo de herramientas para la designación de zonas vulnerables*. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid. 234 pp.

MOLINA, E. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Fuentes de fertilizantes foliares*. Memoria. Laboratorio de suelos y foliares. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. pp. 26–35.

NDIAYE, E. L., SANDENO, J. M., MCGRATH, D., DICK, R. P. (2000). *Integrative biological indicators for detecting change in soil quality*. Am. J. Alter. Agric., 15, pp. 26–36.

NEIKER-TECNALIA (2015). *Tarjetas de salud de los Ecosistemas Agrícolas*. [En línea] [Fecha de última consulta 25 de junio de 2018]. Disponible en <http://www.neiker.net/wp-content/uploads/2015/05/TSEA-Castellano.pdf>.

NÚÑEZ DE LAS CUEVAS, R. (1995). *La representación cartográfica*. Geografía de España. I: España en el mundo. Océano / Gallach, pp. 85–139.

ORÚS, F., BETRÁN, J., IGUACÉL, F., LÓPEZ, M. V. (2011). *Fertilización con subproductos orgánicos (hacia una gestión sostenible de los nutrientes en agricultura)*. Informaciones técnicas. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, 232, pp. 72.

PHILLIPS, J. M., HAYMAN, D. S. (1970). *Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection*. Transactions of the British Mycological Society, 55, pp. 158–160.

PORTER, W. M. (1979). *The most probable number method for enumerating infective propagules of Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil*. Aust. J. Soil Res., 17, pp. 515–519.

REGANOLD, J. P., PALMER, A. S., LOCKHART, J. C., MACGREGOR, A. N. (1993). *Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New Zealand*. Science, 260, pp. 344–349.

RIPOLL, M. F. (2014). *Purines: Tecnologías y Estrategias de Gestión*. Mayo 2014 Jornades Ambientals. Universitat de Barcelona. Contaminació Aigua Subsòl.

RITCHIE, S. W., HANWAY, J. J. (1982). *How a corn plant develops*. Iowa State University of Science and Technology. Special Report, 48.

ROJAS, C. (1997). *Estimación de las necesidades de fertilización en cultivos y praderas*. Centro Regional de Investigación INIA La Platina. pp. 86–111.

SABORÍO, F. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Bioestimulantes en fertilización foliar*. Memoria. Laboratorio de suelos y foliares. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. pp. 107–124.

SALAS, R. E. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar*. Memoria. Laboratorio de suelos y foliares. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. pp. 7–18.

SAÑA, J., MORÉ, J. C., COHÍ, A. (1996). *La gestión de la fertilidad de los suelos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. 250 pp.

SÁNCHEZ DE PRAGER, M., GÓMEZ, E., MUÑOZ, J., BARRIOS, E., PRAGER, M., BRAVO, N., EL-SHARKAWI, M., PÉREZ, J., ASAKAWA, N., MARMOLEJO, F., CADAVID, L., QUINTERO, R., MIRANDA, C., MIER, C., REYES, J.T., TORRES, R., ZAPATA, C., TOFIÑO, R., BENJUMEA, C., DÍAZ, G., TRUJILLO, L., BONILLA, F., ESPINOSA, J., RODRIGUEZ, H., GARCÍA, H., TRIANA, W., CARLOSAMA, C., VARGAS, N. (2007). *Las endomicorrizas: expresión bioedáfica de importancia en el trópico*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 351 pp.

SÁNCHEZ-ALMOHALLA, E., MONTANER, M. E. (1988). *Aproximación, por el método de Thornthwater, al cálculo de infiltración de lluvia útil*. Papeles de Geografía, 14, pp. 223–235.

SEGURA, A. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Principios y aplicaciones de fertilización foliar*. Memoria. Laboratorio de suelos y foliares. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. pp. 19–25.

SIGPAC. Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas. [En línea]. [Fecha de consulta 23 de junio de 2018]. Disponible en <http://sigpac.magrama.es/fega/h5visor/>.

SMITH, J. L., PAPENDICK, R. I., BEZDICEK, D. F., LYNCH, J. M. (1993). *Soil organic matter dynamics and crop residue management*. Soil Microbial Ecology. Applications in Agricultural and Environmental Management. Blaine, F. (Eds). Marcel Dekker, pp. 65–94.

SOJKA, R. E., UPCHURCH, D.R. (1999). *Reservations regarding the soil quality concept*. Soil Science Society of America Journal, 63, pp. 1039–1054.

TRUOG, E. (1951). *Procedure for special type of mechanical and mineralogical soil analysis*.

UNEP (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth*. International Resource Panel. 174 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 23 de junio de 2018]. Disponible en http://www.gci.org.uk/Documents/Decoupling_Report_English.pdf

VEBER, G. (2016). *Curso formativo de la entidad comercial Olmix-Plant Care para el departamento de Nutrición y Salud Vegetal de Agropal, S. L. Huesca*.

VEGA, A. (2015). *El efecto del nitrógeno en las enfermedades de las plantas*. Revista Agronomía y Forestal UC, 52, pp. 33–35.

VIERHEILIG, H., COUGHLAN, A., WYSS, U., PICHE, Y. (1998). *Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi*. Applied And Environ. Microbiol., 64, pp. 5004–5007.

VILLALOBOS, F. J., MATEOS, L., ORGAZ, F., FERERES, E. (2009). *Fitotecnia: bases y tecnologías de la producción agrícola*. 2ª Edición. Madrid: Mundi-Prensa Libros, S. A. 496 pp.

VILLAR, D., ORTEGA, R. (2003). *Bases teóricas y su aplicación para la fertilización nitrogenada en cultivos*. Revista Agronomía y Forestal UC, 18, pp. 4–8.

WARDLE, D. A. (2002). *Communities and Ecosystems: Linking the aboveground and belowground components*. Princeton University Press, 408 pp.

WEBBER, L. R. (1978). *Incorporation of non-segregated, non-composted solid waste and soil physical properties*. J. Environ. Qual., 7, pp. 397–400.

YAMADA, Y., BUKOVAC, M. J., WITTEWER, S. H. (1964). *Ion binding by surfaces of isolated cuticular membranes*. Plant Physiology, 39, pp. 978–982.

ZADOKS, J. C., CHANG, T. T., KONZAK, C. F. (1974). *A decimal code for the growth stages of cereals*. Weed Research, 14, pp. 415–421.



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio comparativo de los efectos de dos estrategias de fertilización sobre el desarrollo de un cultivo de cebada y sobre las propiedades del suelo

Comparative research of the effect of two fertilization strategies upon the development of a barley crop and the soil properties

Anexos

Escuela Politécnica Superior de Huesca (EPS)
2018



ÍNDICE GENERAL

- I. ANÁLISIS DE SUELO**
 - i. PRE – EVALUACIÓN
 - ii. POST – EVALUACIÓN
- II. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARCELA DE ENSAYO**
- III. DISPOSICIÓN DE LAS BANDAS DE TRATAMIENTO SOBRE LA PARCELA**
- IV. EMPLAZAMIENTO DE LAS BANDAS DE ENSAYO**
- V. CÁLCULO DE COSTES DE LAS APLICACIONES FERTILIZANTES**
- VI. TABLAS ESTADÍSTICAS**
 - i. ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA
 - a) *Estadísticos descriptivos*
 - b) *Pruebas post – hoc y subconjuntos homogéneos*
 - c) *Correlaciones estadísticas*
 - ii. ENSAYO DE INVERNADERO
 - a) *Estadísticos descriptivos*
 - b) *Pruebas post – hoc y subconjuntos homogéneos*
 - c) *Correlaciones estadísticas*



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las plantas/m²
- Tabla 2. Estadísticos descriptivos del tamaño de la plántula (cm)
- Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la longitud radicular (cm)
- Tabla 4. Estadísticos descriptivos del nº de hijuelos por planta (ahijamiento)
- Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la longitud de la hoja bandera (cm)
- Tabla 6. Estadísticos descriptivos de índice de clorofila (SPAD)
- Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la longitud de la espiga (cm)
- Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la anchura de la espiga (cm)
- Tabla 9. Estadísticos descriptivos del nº de granos/espiga
- Tabla 10. Estadísticos descriptivos del nº de espigas/planta
- Tabla 11. Estadísticos descriptivos del peso de 1000 granos (g)
- Tabla 12. Estadísticos descriptivos del peso específico (kg/hL)
- Tabla 13. Estadísticos descriptivos del rendimiento (kg/ha)
- Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la humedad relativa (%)
- Tabla 15. Estadísticos descriptivos del potencial micorrízico (propágulos/cm³)
- Tabla 16. Estadísticos descriptivos del arcoseno del porcentaje de micorrización
- Tabla 17. Estadísticos descriptivos de cada familia de macrofauna
- Tabla 18. Pruebas post – hoc para la variable Plantas/m² a fecha 21/12/2016
- Tabla 19. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Plantas/m² a fecha 21/12/2016
- Tabla 20. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Tamaño de la plántula a fecha 20/01/2017
- Tabla 21. Pruebas post – hoc para la variable Tamaño de la plántula a fecha 21/04/2017
- Tabla 22. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Tamaño de la plántula a fecha 21/04/2017
- Tabla 23. Pruebas post – hoc para la variable Espigas por planta a fecha 23/06/2017



Tabla 24. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Espigas por planta a fecha 23/06/2017

Tabla 25. Pruebas post – hoc para la variable Potencial micorrícico

Tabla 26. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Potencial micorrícico

Tabla 27. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 6/04/2017

Tabla 28. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 6/04/2017

Tabla 29. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 24/04/2017

Tabla 30. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 24/04/2017

Tabla 31. Pruebas post – hoc para la familia de las Arachnida dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

Tabla 32. Medias de los subconjuntos homogéneos para la familia de las Arachnida dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

Tabla 33. Pruebas post – hoc para la diversidad total dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

Tabla 34. Medias de los subconjuntos homogéneos para la diversidad total dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

Tabla 35. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros de “crecimiento” evaluados

Tabla 36. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros de “pre - cosecha” evaluados

Tabla 37. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros de “cosecha” evaluados

Tabla 38. Estadísticos descriptivos de los parámetros relacionados con el crecimiento del cultivo evaluados en invernadero a fecha 23/11/2017 para todas las dosis

Tabla 39. Estadísticos descriptivos del arcoseno del porcentaje de micorrización evaluado en invernadero para todas las dosis y fechas



Tabla 40. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte aérea a dosis x1

Tabla 41. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte aérea a dosis x1

Tabla 42. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte radicular a dosis x1

Tabla 43. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte radicular a dosis x1

Tabla 44. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte aérea a dosis x2

Tabla 45. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte aérea a dosis x2

Tabla 46. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte radicular a dosis x2

Tabla 47. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte radicular a dosis x2

Tabla 48. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte aérea a dosis x3

Tabla 49. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte aérea a dosis x3

Tabla 50. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte radicular a dosis x3

Tabla 51. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte radicular a dosis x3

Tabla 52. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 11/09/2017

Tabla 53. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 11/09/2017

Tabla 54. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 23/11/2017

Tabla 55. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 23/11/2017

Tabla 56. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 11/09/2017

Tabla 57. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 11/09/2017



Tabla 58. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 23/11/2017

Tabla 59. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 23/11/2017

Tabla 60. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 11/09/2017

Tabla 61. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 11/09/2017

Tabla 62. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 23/11/2017

Tabla 63. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 23/11/2017

Tabla 64. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros evaluados

ANEXO I – ANÁLISIS DE SUELO

i) PRE-EVALUACIÓN

Laboratorio Agroambiental

Eurofins Agroambiental, S.A.

Partida Seteambi, s/n
25222 Sidamon (Lleida)
T 973 71 70 00
F 973 71 70 33
agroambiental@eurofins.com
www.eurofins.es



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: AGROPAL S.L. (19451)
DIRECCIÓN: C/ GANADERIA, POLIGON SEPE, PARC.22 NAVES 7- 22005 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelo
S/ REFERENCIA: ENSAYO GC.1.SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01236657/1
FECHA/HORA LLEGADA: 28/11/2016 10:00
MENÚ/ANÁLISIS: S90
PORTADOR: Transportista
T.M.: LOCALIZACIÓN:
POL.: PARCELA:
CULTIVO: CULTIVO:
VARIEDAD: VARIEDAD:

Las incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado	Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000	%	Gravimetría/C5110007	Moderadamente básico
pH (ext. 1:2.5 H ₂ O)	8,34		Potenciometría/C5110008	No limitante
COND.ELEC. 25°C(ext. 1:5 H ₂ O)	0,180	dS/m	Conductimetría/C5110009	Medio - bajo
MAT.ORGÁNICA (W&B)	1,78	% s.m.s.	Cálculo/C5110079	Muy calcareo
CARBONATO CÁLCICO EQUIV. *	29	% s.m.s.	Titulación potenciométrica	Normal
NITRÓGENO-NITRICO (N-NO ₃) *	5	mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen) *	14,3	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/C5110080	Normal
POTASIO (K) (ext. ac. amónico) *	258	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
CALCIO (Ca) (ext. ac. amónico) *	6725	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.ac.amónico) *	80	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ac. amónico) *	16	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
ARENA TOTAL (0.05<D<2 mm) *	35,5	%	Gravimetría	
LIMO GRUESO (0.02<D<0.05 mm) *	15,4	%	Gravimetría	
LIMO FINO (0.002<D<0.02 mm) *	28,6	%	Gravimetría	
ARCILLA (D<0.002 mm) *	20,5	%	Gravimetría	
CLASE TEXTURAL USDA *				Francia
FOSFORO (P) (ext. ácido) *	870	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	

Página 1 de 2

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849

Laboratorio Agroambiental

Eurofins Agroambiental, S.A.

Partida Seteambi, s/n
25222 Sidamon (Lleida)
T 973 71 70 00
F 973 71 70 33
agroambiental@eurofins.com
www.eurofins.es



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: AGROPAL S.L. (19451)
DIRECCIÓN: C/ GANADERIA, POLIGON SEPE, PARC.22 NAVES 7- 22005 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelo
S/ REFERENCIA: ENSAYO GC.1.SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01236657/1
FECHA/HORA LLEGADA: 28/11/2016 10:00
MENÚ/ANÁLISIS: S90
PORTADOR: Transportista
T.M.: LOCALIZACIÓN:
POL.: PARCELA:
CULTIVO: CULTIVO:
VARIEDAD: VARIEDAD:

Las incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado	Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,700	%

Responsable Técnico

M. PILAR MURELLO

P.O.

FECHA INICIO: 28/11/2016

FECHA FIN ANALISIS: 29/12/2016

FECHA DE EMISIÓN: 29/12/2016

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 5635LE2002.
Certificado por SGI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 506945.

Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-03.

Establecimiento Técnico Auxiliar de la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).

Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. LD500094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 09/10/10.

Reconocido por el D.A.R. Núm. Registro 212.

Acreditado por el D.A.R. Núm. Registro 397.

Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Página 2 de 2

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849

ii) POST-EVALUACIÓN

Laboratorio Agroambiental

Eurofins Agroambiental, S.A.

Parlida Setsambs, s/n
25222 Sidamon (Uelida)
T 973 71 70 00
F 973 71 70 33
agroambiental@eurofins.com
www.eurofins.es



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER-AGRAON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.0.1 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243864/I
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 P.O.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado	Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000	%	Gravimetría/CS110007	
NITRÓGENO-NITRICO (N-NO3) *	3	mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	18,6	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/CS110080	Normal
POTASIO (K) (ext. as. amónico) *	187	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. as. amónico) *	8688	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.as.amónico) *	72	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. as. amónico) *	21	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. sodo) *	760	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,85	% s.m.s.	Cálculo/CS110078	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado	Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,770	%

Responsable de Departamento
M. Pilar Murillo Capdevila

P. Murillo

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 08/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 08/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 5631E2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536945.

Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de IAgencia Catalana de l'Aigua (ACA).

Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.

Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.

Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.

Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: M. Pilar Murillo Capdevila DNI: 73182282Y

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. Inscrita en el Registro Mercantil de Uelida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849

Laboratorio Agroambiental

Eurofins Agroambiental, S.A.

Parlida Setsambs, s/n
25222 Sidamon (Uelida)
T 973 71 70 00
F 973 71 70 33
agroambiental@eurofins.com
www.eurofins.es



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER-AGRAON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.1.2 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243865/I
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 P.O.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado	Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000	%	Gravimetría/CS110007	
NITRÓGENO-NITRICO (N-NO3) *	4	mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	18,4	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/CS110080	Normal
POTASIO (K) (ext. as. amónico) *	214	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. as. amónico) *	8632	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.as.amónico) *	73	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. as. amónico) *	18	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. sodo) *	860	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,87	% s.m.s.	Cálculo/CS110078	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado	Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,810	%

Responsable de Departamento
M. Pilar Murillo Capdevila

P. Murillo

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 08/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 08/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 5631E2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536945.

Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de l'Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).

Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.

Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.

Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.

Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: M. Pilar Murillo Capdevila DNI: 73182282Y

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. Inscrita en el Registro Mercantil de Uelida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849

Laboratorio Agroambiental

Eurofins Agroambiental, S.A.

Partida Setisamb, s/n
25222 Sidamon (Lleida)
T 973 71 70 00
F 973 71 70 33
agroambiental@eurofins.com
www.eurofins.es



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER-AGRACON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.2.3 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243866/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 POL.:
MENÚ/ANÁLISIS: 630 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000 %	Gravimetría/C6110007	
NITROGENO-NITRICO (N-NO3) *	3 mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	18,8 mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/C6110080	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	241 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	8688 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg) (ext. ao. amónico) *	72 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	<16 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido) *	819 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,70 % s.m.s.	Cálculo/C6110078	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,810 %

Responsable de Departamento
M. Pilar Murillo Capdevila

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 08/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 08/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 5631/E2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.
Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. LD600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.
Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.
Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.

Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: M. Pilar Murillo Capdevila DNI: 73192262Y

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Folio 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849

Laboratorio Agroambiental

Eurofins Agroambiental, S.A.

Partida Setisamb, s/n
25222 Sidamon (Lleida)
T 973 71 70 00
F 973 71 70 33
agroambiental@eurofins.com
www.eurofins.es



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER-AGRACON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.1.4 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243867/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 POL.:
MENÚ/ANÁLISIS: 630 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000 %	Gravimetría/C6110007	
NITROGENO-NITRICO (N-NO3) *	3 mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	17,7 mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/C6110080	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	206 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	8866 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg) (ext. ao. amónico) *	71 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	18 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido) *	778 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,62 % s.m.s.	Cálculo/C6110078	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,810 %

Responsable de Departamento
M. Pilar Murillo Capdevila

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 08/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 08/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 5631/E2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.

Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.

Establecimiento Técnico Auxiliar de la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).

Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. LD600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.

Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.

Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.

Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: M. Pilar Murillo Capdevila DNI: 73192262Y

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Folio 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER-AGRAON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.2.5 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243868/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 P.O.L.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado	Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000	%	Gravimetría/CE110007	
NITROGENO-NITRICO (N-NO3) *	3	mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	13,7	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/CE110080	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	188	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	8630	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.ao.amónico) *	72	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	18	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido)	786	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,86	% s.m.s.	Cálculo/CE110078	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado	Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,780	%

Responsable de Departamento
M. Pilar Murillo Capdevila

P. Murillo

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANALISIS: 08/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 08/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536945.

Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.

Establecimiento Técnico Auxiliar de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.

Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.

Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.

Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: M. Pilar Murillo Capdevila DNI: 73192262Y

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.

Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER-AGRAON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.5 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243868/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 P.O.L.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado	Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000	%	Gravimetría/CE110007	
NITROGENO-NITRICO (N-NO3) *	3	mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	10,9	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/CE110080	Bajo
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	144	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	8747	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.ao.amónico) *	72	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	17	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido)	848	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,48	% s.m.s.	Cálculo/CE110078	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado	Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,820	%

Responsable Adjunto
Daniel Vela Cabezas

Daniel Vela

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANALISIS: 11/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 11/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536945.

Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.

Establecimiento Técnico Auxiliar de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.

Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.

Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.

Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: Daniel Vela Cabezas DNI: 47682879S

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.

Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER.-AGRAON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.7 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 012438701
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 POL.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000 %	Gravimetría/CE110007	
NITRÓGENO-NITRICO (N-NO3) *	3 mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	14,6 mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/CE110000	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amoníaco) *	217 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amoníaco) *	8668 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.ao.amoníaco) *	76 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amoníaco) *	17 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido)	882 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,80 % s.m.s.	Cálculo/CE110079	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,840 %

Responsable Adjunto
Daniel Vela Cabezas

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 11/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 11/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.
Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. LD600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.
Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.
Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.
Garantía de Calidad de Servicio
Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: Daniel Vela Cabezas DNI: 47682879S

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. Inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC



BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER.-AGRAON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.1.8 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 012438711
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 POL.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000 %	Gravimetría/CE110007	
NITRÓGENO-NITRICO (N-NO3) *	2 mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	10,0 mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/CE110000	Bajo
POTASIO (K) (ext. ao. amoníaco) *	130 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amoníaco) *	8668 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.ao.amoníaco) *	74 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amoníaco) *	20 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido)	748 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,88 % s.m.s.	Cálculo/CE110079	Bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,840 %

Responsable Adjunto
Daniel Vela Cabezas

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 11/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 11/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.
Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. LD600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.
Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.
Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.
Garantía de Calidad de Servicio
Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: Daniel Vela Cabezas DNI: 47682879S

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. Inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Fol 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER.-AGRACON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
SI REFERENCIA: T.09 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243872/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 PCL.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 106 °C	<1,000 %	Gravimetría/C6110007	
NITROGENO-NITRICO (N-NO3) *	3 mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	16,6 mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/C6110000	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	214 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	6722 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.ao.amónico) *	83 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	17 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido) *	826 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,73 % s.m.s.	Cálculo/C6110079	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado Unidades
HUMEDAD 106 °C	0,860 %

Responsable Adjunto
Daniel Vela Cabezas

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 11/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 11/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.
Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de (Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.
Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.
Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.
Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora, los agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: Daniel Vela Cabezas DNI: 47682879S

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Folio 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC.Aragon DE AGRIC.DE CONSER.-AGRACON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
SI REFERENCIA: T.10 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243873/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00 PCL.:
MENÚ/ANÁLISIS: S30 PARCELA:
PORTADOR: Transportista CULTIVO:
VARIEDAD:

Las Incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las Interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 106 °C	<1,000 %	Gravimetría/C6110007	
NITROGENO-NITRICO (N-NO3) *	4 mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (Olsen)	18,1 mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/C6110000	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	208 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	8814 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg)(ext.ao.amónico) *	86 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	17 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido) *	988 mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,71 % s.m.s.	Cálculo/C6110079	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado Unidades
HUMEDAD 106 °C	0,900 %

Responsable Adjunto
Daniel Vela Cabezas

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 11/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 11/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.
Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de (Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0600094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.
Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.
Acreditado por el DAR. Núm. Registro 397.
Garantía de Calidad de Servicio

Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora, los agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: Daniel Vela Cabezas DNI: 47682879S

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Folio 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC. ARAGON DE AGRIC. DE CONSER.-AGRAACON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.0.11 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243874/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00
MENÚ/ANÁLISIS: S30
PORTADOR: Transportista
POL: PARCELA:
CULTIVO: VARIEDAD:

Las incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado	Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000	%	Gravimetría/C6110007	
NITRÓGENO-NITRICO (N-NO3) *	2	mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (fósforo)	16,5	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/C6110008	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	207	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	8917	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg) (ext. ao. amónico) *	86	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	23	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido)	888	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,78	% s.m.s.	Cálculo/C6110079	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado	Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,840	%

Responsable Adjunto
Daniel Vela Cabezas

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 11/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 11/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.
Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0500094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.
Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.
Acreditado por el DAR. Núm. Registro 357.
Garantía de Calidad de Servicio
Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: Daniel Vela Cabezas DNI: 47682879S

Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Folio 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849



Los ensayos marcados con *
no están amparados por la acreditación de ENAC

BOLETÍN DE ANÁLISIS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL CLIENTE

NOMBRE: ASOC. ARAGON DE AGRIC. DE CONSER.-AGRAACON- (14530)
DIRECCIÓN: C/ Miguel Servet, 2 (bajos) 22002 HUESCA

DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: Suelos T.M.:
S/ REFERENCIA: T.1.12 LOCALIZACIÓN: SIETAMO
CÓDIGO MUESTRA: 01243875/1
FECHA/HORA LLEGADA: 03/08/2017 10:00
MENÚ/ANÁLISIS: S30
PORTADOR: Transportista
POL: PARCELA:
CULTIVO: VARIEDAD:

Las incertidumbres de las técnicas acreditadas por ENAC están calculadas y a disposición del cliente.
Las interpretaciones no están amparadas por la acreditación de ENAC.

Análisis	Resultado	Unidades	Método de análisis/PNT	Interpretación
HUMEDAD 105 °C	<1,000	%	Gravimetría/C6110007	
NITRÓGENO-NITRICO (N-NO3) *	4	mg/kg s.m.s.	Colorimetría	Normal
FOSFORO (P) (fósforo)	18,6	mg/kg s.m.s.	Espectrofotometría UV-VIS/C6110008	Normal
POTASIO (K) (ext. ao. amónico) *	184	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
CALCIO (Ca) (ext. ao. amónico) *	8921	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Alto
MAGNESIO (Mg) (ext. ao. amónico) *	86	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Bajo
SODIO (Na) (ext. ao. amónico) *	23	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	Normal
FOSFORO (P) (ext. ácido)	846	mg/kg s.m.s.	Espectrometría ICP-OES	
MAT.ORGANICA (W&B)	1,78	% s.m.s.	Cálculo/C6110079	Medio - bajo

RESUMEN DE RESULTADOS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

Análisis	Resultado	Unidades
HUMEDAD 105 °C	0,890	%

Responsable Adjunto
Daniel Vela Cabezas

FECHA INICIO: 03/08/2017
FECHA FIN ANÁLISIS: 11/08/2017
FECHA DE EMISIÓN: 11/08/2017

Acreditado por ENAC según norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Acreditación Núm. 563/LE2082.
Certificado por BSI según norma ISO 9001:2008. Certificado Núm. 536845.
Inscrito en el Registro de laboratorios de salud ambiental y alimentaria. Núm. Registro LSAA-150-00.
Establecimiento Técnico Auxiliar de la Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación con Declaración Responsable núm. L0500094 presentada a la Generalitat de Catalunya el 01/10/10.
Reconocido por el DAR. Núm. Registro 212.
Acreditado por el DAR. Núm. Registro 357.
Garantía de Calidad de Servicio
Eurofins Agroambiental, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora, les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Eurofins Agroambiental, a la dirección: agroambiental@eurofins.com.

Firmado digitalmente por: Daniel Vela Cabezas DNI: 47682879S

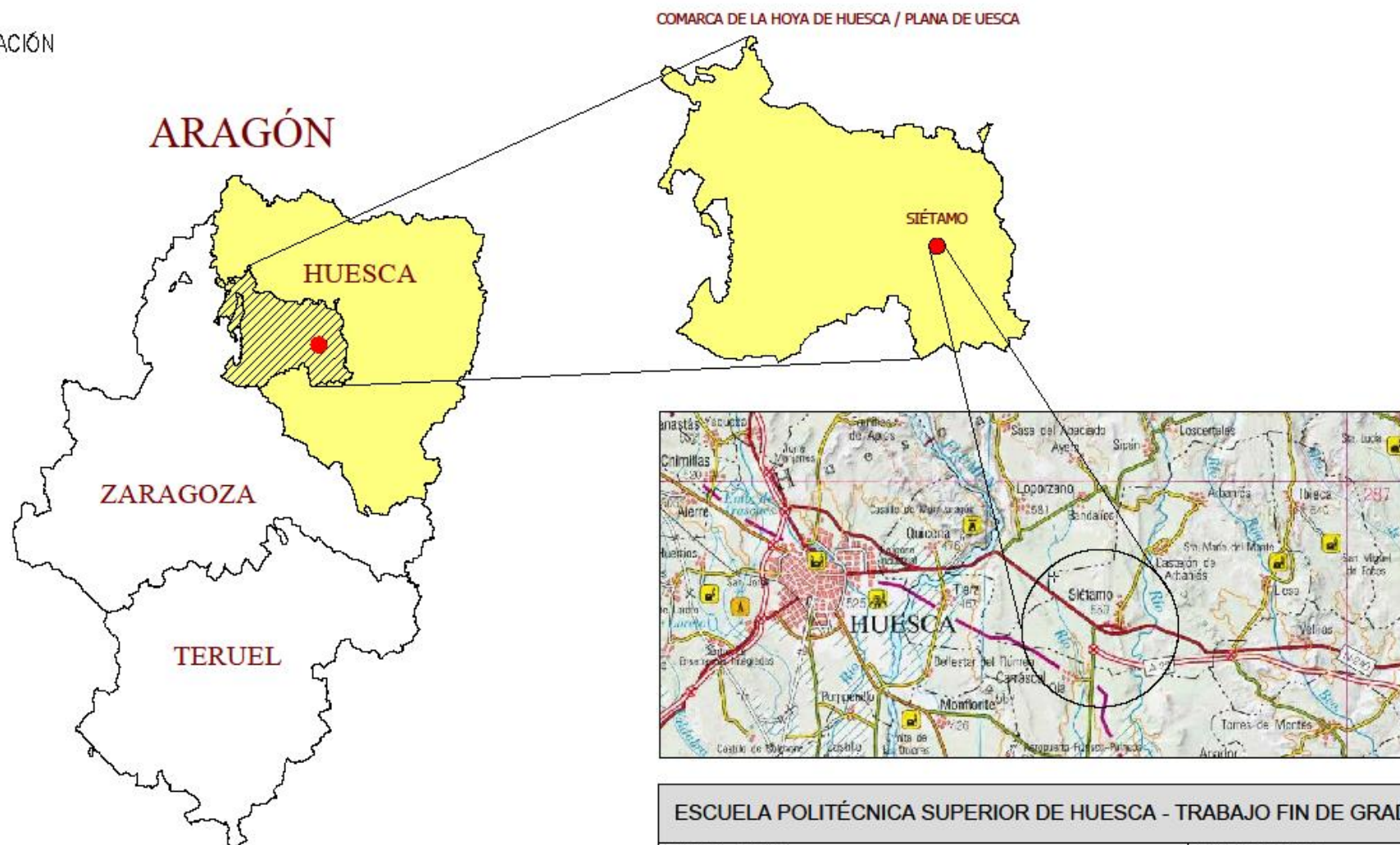
Página 1 de 1

Sus datos personales forman parte de un fichero automatizado de la empresa y únicamente se utilizan para la finalidad del servicio de análisis contratado, de acuerdo con lo que dispone la Ley 15/1999 sobre Protección de Datos de Carácter Personal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación y cancelación en la dirección indicada en este boletín.

Los resultados obtenidos solo dan fe de la muestra analizada.
Eurofins Agroambiental S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Lleida, Tom 1010, Folio 127, Full L-422-Inscripción 45. C.I.F. A25244849

ANEXO II – SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARCELA DE ENSAYO

SITUACIÓN



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA - TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO DEL PROYECTO:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DE DOS ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL DESARROLLO DE UN CULTIVO DE CEBADA Y SOBRE ALGUNAS DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO - T.M. DE SIÉTAMO (HUESCA)

AUTOR DEL PROYECTO:

TÍTULO DEL PLANO:

SITUACIÓN

PLANO N°:

1

ESCALAS:

SIN ESCALA

FECHA:

DICIEMBRE-2017

GUILLERMO CATALÁN SALAS



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza



ANEXO III – DISPOSICIÓN DE LAS BANDAS DE TRATAMIENTO SOBRE LA PARCELA

LOCALIZACIÓN
ESCALA 1/3000



DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC	
PROVINCIA:	22 - HUESCA
MUNICIPIO:	309 - SIETAMO
ADREGADO:	0
ZONA:	1
POLIGONO:	506
PARCELA:	30

SUPERFICIE DE SUELO: 8,1621 HA



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA - TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO DEL PROYECTO:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DE DOS
ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL DESARROLLO
DE UN CULTIVO DE CEBADA Y SOBRE ALGUNAS DE LAS
PROPIEDADES DEL SUELO - T.M. DE SIETAMO (HUESCA)

AUTOR DEL PROYECTO:

TÍTULO DEL PLANO:

LOCALIZACIÓN

PLANO N°:

2

ESCALAS:

1/3000

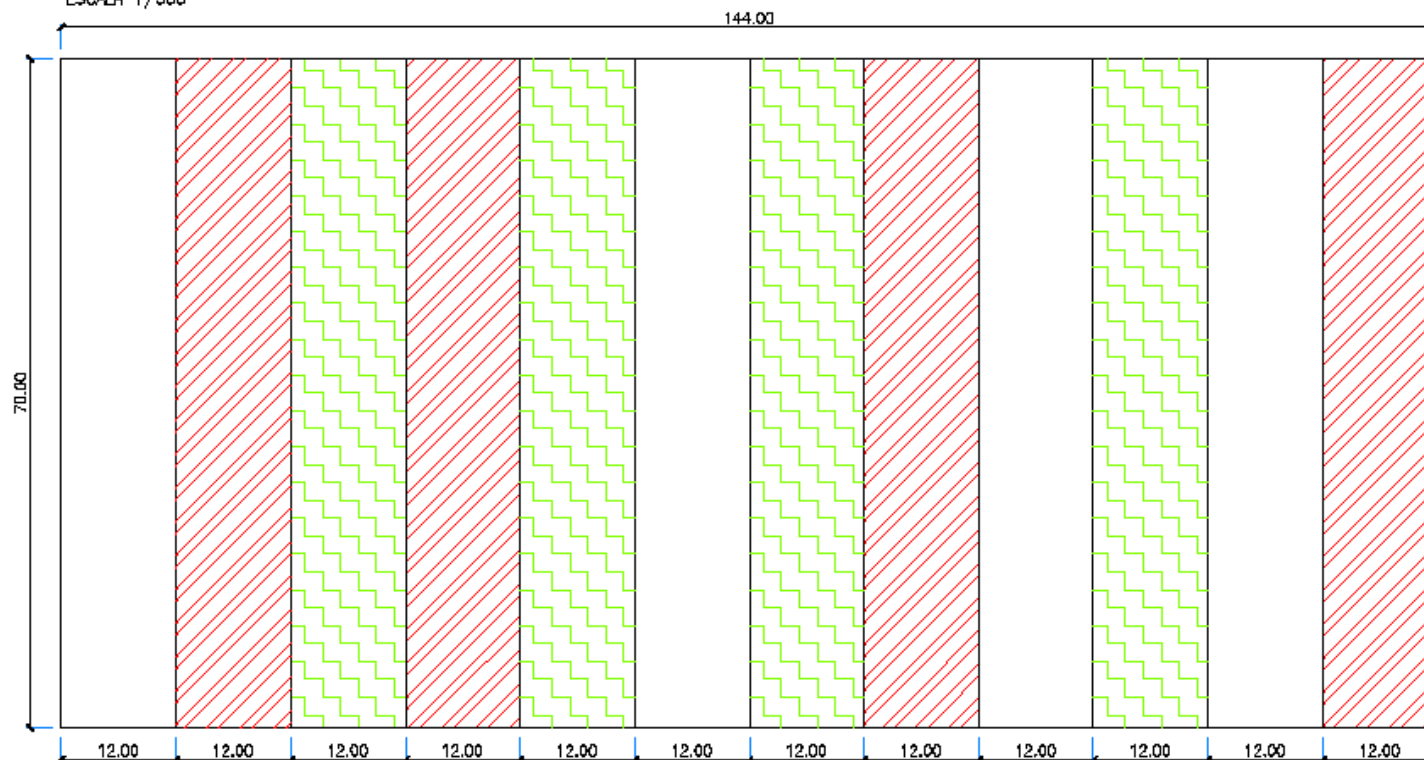
FECHA:

DICIEMBRE-2017

GUILLERMO CATALÁN SALAS

ANEXO IV – EMPLAZAMIENTO DE LAS BANDAS DE ENSAYO

EMPLAZAMIENTO. REPLANTEO DE LA PARCELA
ESCALA 1/500



LEYENDA

	TD-CONTROL
	T1-ORGÁNICO
	T2-MINERAL



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA - TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO DEL PROYECTO:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DE DOS
ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL DESARROLLO
DE UN CULTIVO DE CEBADA Y SOBRE ALGUNAS DE LAS
PROPIEDADES DEL SUELO - T.M. DE SIÉTAMO (HUESCA)

AUTOR DEL PROYECTO:

TÍTULO DEL PLANO:

EMPLAZAMIENTO

PLANO N.º:

3

ESCALAS:

1/500

FECHA:

DICIEMBRE-2017

GUILLERMO CATALÁN SALAS

ANEXO V – CALCULO DE COSTES DE LAS APLICACIONES FERTILIZANTES

OPERACIÓN: Tratamiento cultivos bajos
APERO: Pulverizador de barras suspendido

Anchura apero	16	m
Capacidad del depósito	1.200	L
Peso apero (vacio)	600	kg

Anchura apero (m)	
<input type="radio"/> Baja	12
<input checked="" type="radio"/> Alta	16

Eficiencia de trabajo	
<input type="radio"/> Baja	0,35
<input type="radio"/> Media	0,5
<input checked="" type="radio"/> Alta	0,65

Nivel de carga de trabajo (%)	
<input type="radio"/> Bajo	25
<input type="radio"/> Medio	50
<input type="radio"/> Alto	75

Nivel potencia tractor (CV)	
<input type="radio"/> Pequeño	90
<input type="radio"/> Mediano	120
<input type="radio"/> Grande	150
<input checked="" type="radio"/> Muy grande	195

Consumo combustible	
Carga	Factor (L/h-kW)
Baja	0,100
Media	0,150
Alta	0,207

Capacidad trabajo teórica	0,06	h/ha
Eficiencia	0,65	
Capacidad trabajo real	0,10	h/ha
	10,4	ha/h

Nivel de carga del tractor	25	%
Potencia tractor necesaria	57	CV

Tipo de tractor escogido	Muy Grande	
Potencia tractor escogido	195	CV

COSTES DE UTILIZACIÓN		
Consumo de combustible	14,34	L/h
	1,38	L/ha
Consumo de aceite	0,014	L/h
	0,001	L/ha
Coste gasóleo	0,66	€/L
Coste combustible	9,5	€/h
	0,9	€/ha

COSTES DE POSESIÓN		
Horas trabajo anuales	50	h/año
Precio adquisición	7.200	€ 450 €/m
amort. - desgaste	1.000	h 7,2 €/h
amort. - obsolescencia	20	años 7,20 €/h
Interés	5	% 4,32 €/h
seguros	0,2	% PA 0,29 €/h
resguardo	0,1	% PA 0,14 €/h
mantenim-reparaciones	0,60	€/ha 5,24 €/h
Coste total	25,39	€/h
	2,44	€/ha

Utilización apero (h/año)	
<input type="radio"/> Baja	50
<input type="radio"/> Alta	100

Vida útil para 50 h/año	
h	600
años	10,00

Precio adquisición tractor	
600	€/kW de potencia

Tractor auxiliar	
Utilización anual	€/h s/comb €/h €/ha
<input checked="" type="radio"/> Baja (500 h/año)	24,32 33,78 3,26
<input type="radio"/> Alta (1.000 h/año)	17,66

Tractor + Apero	
Utilización anual	ha/año €/ha
Baja	520,00 5,69

OPERACIÓN: Siembra
APERO: Sembradora a chorrillo

Anchura apero	4	m
Peso apero (vacio)	800	kg

Anchura apero (m)	
<input checked="" type="radio"/> Baja	4
<input type="radio"/> Alta	6

Eficiencia de trabajo	
<input type="radio"/> Baja	0,6
<input type="radio"/> Media	0,7
<input checked="" type="radio"/> Alta	0,8

Nivel de carga de trabajo (%)	
<input checked="" type="radio"/> Bajo	25
<input type="radio"/> Medio	50
<input type="radio"/> Alto	75

Nivel potencia tractor (CV)	
<input type="radio"/> Pequeño	90
<input type="radio"/> Mediano	120
<input type="radio"/> Grande	150
<input checked="" type="radio"/> Muy grande	195

Consumo combustible	
Carga	Factor (L/h-kW)
Baja	0,100
Media	0,150
Alta	0,207

Capacidad trabajo teórica	0,31	h/ha
Eficiencia	0,8	
Capacidad trabajo real	0,39	h/ha
	2,56	ha/h

Nivel de carga del tractor	25	%
Potencia tractor necesaria	116	CV

Tipo de tractor escogido	Muy Grande	
Potencia tractor escogido	195	CV

COSTES DE UTILIZACIÓN		
Consumo de combustible	14,34	L/h
	5,60	L/ha
Consumo de aceite	0,014	L/h
	0,006	L/ha
Coste gasóleo	0,66	€/L
Coste combustible	9,5	€/h
	3,7	€/ha

COSTES DE POSESIÓN		
Horas trabajo anuales	100	h/año
Precio adquisición	9.000	€ 1.000 €/m
amort. - desgaste	1.200	h 7,50 €/h
amort. - obsolescencia	20	años 4,50 €/h
Interés	5	% 2,70 €/h
seguros	0,2	% PA 0,18 €/h
resguardo	0,1	% PA 0,09 €/h
mantenim-reparaciones	0,45	€/ha 1,15 €/h
Coste total	16,12	€/h
	6,30	€/ha

Utilización apero (h/año)	
<input checked="" type="radio"/> Baja	100
<input type="radio"/> Alta	200

Vida útil para 100 h/año	
h	750
años	7,5

Precio adquisición tractor	
560	€/kW de potencia

Tractor auxiliar	
Utilización anual	€/h s/comb €/h €/ha
<input checked="" type="radio"/> Baja (500 h/año)	24,32 33,78 3,26
<input type="radio"/> Alta (1.000 h/año)	17,66

TRACTOR + APERO	
Utilización anual	ha/año €/ha
Baja	256,00 19,49

ANEXO VI – TABLAS ESTADÍSTICAS

i) ENSAYO EN PARCELA AGRÍCOLA

a) Estadísticos descriptivos

- Parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las plantas/m²

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
21/12/2016	144	124.00	404.00	244.6111	51.61735
04/01/2017	144	216.00	436.00	288.3611	37.03384
20/01/2017	144	172.00	448.00	299.7500	59.46186

Tabla 2. Estadísticos descriptivos del tamaño de la plántula (cm)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
21/12/2016	144	2.00	7.40	4.7549	1.11254
04/01/2017	144	2,00	11,00	5,0965	1,46500
20/01/2017	144	3.50	9.50	5.8771	1.21579
09/02/2017	144	4.00	12.00	7.8118	1.50591
01/03/2017	144	5.50	16.50	10.6111	2.07058
22/03/2017	144	10.10	34.50	23.4694	6.07018
21/04/2017	144	59.50	98.00	78.2208	8.09104

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la longitud radicular (cm)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
20/01/2017	144	3.30	13.50	8.3493	2.00862
09/02/2017	144	4.90	13.20	8.9785	1.89331

Tabla 4. Estadísticos descriptivos del nº de hijuelos por planta (ahijamiento)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
22/03/2017	144	2.00	13.00	5.3125	1.93050

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la longitud de la hoja bandera (cm)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
15/05/2017	144	2.10	11.50	5.4535	1.45779

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de índice de clorofila (SPAD)

N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
12	37.80	42.80	40.5083	1.64397

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la longitud de la espiga (cm)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
27/04/2017	360	3.10	10.40	6.9206	1.35875
15/05/2017	360	4.90	13.20	8.9785	1.89331

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la anchura de la espiga (cm)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
23/06/2017	360	.40	1.00	.8278	.09053

Tabla 9. Estadísticos descriptivos del nº de granos/espiga

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
31/05/2017	360	8.00	32.00	19.4944	3.95306

Tabla 10. Estadísticos descriptivos del nº de espigas/planta

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
23/06/2017	360	1.00	18.00	4.0111	2.24288

Tabla 11. Estadísticos descriptivos del peso de 1000 granos (g)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
23/06/2017	12	43.50	45.70	44.9167	.71329

Tabla 12. Estadísticos descriptivos del peso específico (kg/hL)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
23/06/2017	12	62.80	66.30	64.4167	.93209

Tabla 13. Estadísticos descriptivos del rendimiento (kg/ha)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
23/06/2017	12	4221.60	4942.10	4517.6250	244.40865

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la humedad relativa (%)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
23/06/2017	12	10.90	12.70	11.5000	.49175

- **Parámetros agronómicos relacionados con la fertilidad biológica del suelo**

Tabla 15. Estadísticos descriptivos del potencial micorrícico (propágulos/cm³)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
	12	.19	2.88	1.0399	.82307

Tabla 16. Estadísticos descriptivos del arcoseno del porcentaje de micorrización

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
6/04/2017	120	.10	1.12	.5926	.26250
24/04/2017	120	.20	1.57	.6668	.25822

Tabla 17. Estadísticos descriptivos de cada familia de macrofauna

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Arachnida	36	.00	6.00	2.2222	1.70899
Hymenoptera	36	.00	9.00	1.9167	1.82639
Isopoda	36	.00	6.00	2.2500	1.72999
Coleoptera	36	.00	6.00	1.7778	1.70899
Dermaptera	36	.00	3.00	1.3333	1.14642
Diversidad	36	2.00	5.00	3.8056	.92023

b) Pruebas post – hoc y subconjuntos homogéneos

- Parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción

Tabla 18. Pruebas post – hoc para la variable Plantas/m² a fecha 21/12/2016

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	-29.91667*	10.30264	.012	-54.3208	-5.5126
	T2	-18.16667	10.30264	.186	-42.5708	6.2374
T1	T0	29.91667*	10.30264	.012	5.5126	54.3208
	T2	11.75000	10.30264	.491	-12.6541	36.1541
T2	T0	18.16667	10.30264	.186	-6.2374	42.5708
	T1	-11.75000	10.30264	.491	-36.1541	12.6541

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 19. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Plantas/m² a fecha 21/12/2016

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T0	48	57.1458	
T2	48	61.6875	61.6875
T1	48		64.6250
Sig.		.186	.491

Tabla 20. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Tamaño de la plántula a fecha 20/01/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T0	48	5.6729	
T1	48	5.7188	
T2	48		6.2396
Sig.		.851	1.000

Tabla 21. Pruebas post – hoc para la variable Tamaño de la plántula a fecha 21/04/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	2.11875	1.62831	.397	-1.7383	5.9758
	T2	-1.90625	1.62831	.473	-5.7633	1.9508
T1	T0	-2.11875	1.62831	.397	-5.9758	1.7383
	T2	-4.02500*	1.62831	.039	-7.8820	-.1680
T2	T0	1.90625	1.62831	.473	-1.9508	5.7633
	T1	4.02500*	1.62831	.039	.1680	7.8820

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 22. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Tamaño de la plántula a fecha 21/04/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T1	48	76.1729	
T0	48	78.2917	78.2917
T2	48		80.1979
Sig.		.397	.473

Tabla 23. Pruebas post – hoc para la variable Espigas por planta a fecha 23/06/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	.73333*	.28738	.030	.0570	1.4097
	T2	.60833	.28738	.088	-.0680	1.2847
T1	T0	-.73333*	.28738	.030	-1.4097	-.0570
	T2	-.12500	.28738	.901	-.8014	.5514
T2	T0	-.60833	.28738	.088	-1.2847	.0680
	T1	.12500	.28738	.901	-.5514	.8014

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 24. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Espigas por planta a fecha 23/06/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T1	120	3.7250	
T0	120	3.8500	3.8500
T2	120		4.4583
Sig.		.901	.088

- Parámetros agronómicos relacionados con la fertilidad biológica del suelo

Tabla 25. Pruebas post – hoc para la variable Potencial micorrízico

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	-1.18167*	.31178	.011	-2.0522	-.3112
	T2	.45125	.31178	.359	-.4193	1.3218
T1	T0	1.18167*	.31178	.011	.3112	2.0522
	T2	1.63292*	.31178	.001	.7624	2.5034
T2	T0	-.45125	.31178	.359	-1.3218	.4193
	T1	-1.63292*	.31178	.001	-2.5034	-.7624

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 26. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Potencial micorrízico

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2	4	.3446	
T0	4	.7958	
T1	4		1.9775
Sig.		.359	1.000

Tabla 27. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 6/04/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	.12077*	.04665	.029	.0100	.2315
	T2	.38531*	.04665	.000	.2746	.4961
T1	T0	-.12077*	.04665	.029	-.2315	-.0100
	T2	.26453*	.04665	.000	.1538	.3753
T2	T0	-.38531*	.04665	.000	-.4961	-.2746
	T1	-.26453*	.04665	.000	-.3753	-.1538

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 28. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 6/04/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$		
		A	B	C
T2	40	.3760		
T1	40		.6405	
T0	40			.7613
Sig.		1.000	1.000	1.000

Tabla 29. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 24/04/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	.11000*	.04630	.050	.0001	.2199
	T2	.37180*	.04630	.000	.2619	.4817
T1	T0	-.11000*	.04630	.050	-.2199	-.0001
	T2	.26180*	.04630	.000	.1519	.3717
T2	T0	-.37180*	.04630	.000	-.4817	-.2619
	T1	-.26180*	.04630	.000	-.3717	-.1519

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 30. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a fecha 24/04/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$		
		A	B	C
T2	40	.4556		
T1	40		.7174	
T0	40			.8274
Sig.		1.000	1.000	1.000

Tabla 31. Pruebas post - hoc para la familia de las *Arachnida* dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	1.33333	.62496	.098	-.2002	2.8669
	T2	2.00000*	.62496	.008	.4665	3.5335
T1	T0	-1.33333	.62496	.098	-2.8669	.2002
	T2	.66667	.62496	.541	-.8669	2.2002
T2	T0	-2.00000*	.62496	.008	-3.5335	-.4665
	T1	-.66667	.62496	.541	-2.2002	.8669

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 32. Medias de los subconjuntos homogéneos para la familia de las *Arachnida* dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2	12	1.3333	
T1	12	2.0000	2.0000
T0	12		3.3333
Sig.		.541	.098

Tabla 33. Pruebas post – hoc para la diversidad total dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1	-.16667	.34755	.881	-1.0195	.6862
	T2	.75000	.34755	.094	-.1028	1.6028
T1	T0	.16667	.34755	.881	-.6862	1.0195
	T2	.91667*	.34755	.033	.0638	1.7695
T2	T0	-.75000	.34755	.094	-1.6028	.1028
	T1	-.91667*	.34755	.033	-1.7695	-.0638

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 34. Medias de los subconjuntos homogéneos para la diversidad total dentro de la variable Diagnóstico básico de la diversidad de macrofauna

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2	12	3.2500	
T0	12	4.0000	4.0000
T1	12		4.1667
Sig.		.094	.881

c) Correlaciones estadísticas

- Parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción

Tabla 35. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros “de crecimiento” evaluados

		Plantas/ m ²	Tamaño de la plántula (cm)	Longitud radicular (cm)	Nº hijuelos / planta	Longitud hoja bandera (cm)
Plantas/m ²	Correlación de Pearson	1	.237**	.065		
	Sig. (bilateral)		.000	.441		
	N	432	432	144	0	0
Tamaño de la plántula (cm)	Correlación de Pearson	.237**	1	-.096*	.144	.178*
	Sig. (bilateral)	.000		.022	.084	.033
	N	432	1008	576	144	144
Longitud radicular (cm)	Correlación de Pearson	.065	-.096*	1	.024	
	Sig. (bilateral)	.441	.022		.779	
	N	144	576	576	144	0
Nº hijuelos / planta	Correlación de Pearson		.144	.024	1	
	Sig. (bilateral)		.084	.779		
	N	0	144	144	144	0
Longitud hoja bandera (cm)	Correlación de Pearson		.178*			1
	Sig. (bilateral)		.033			
	N	0	144	0	0	288

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 36. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros “de pre - cosecha”
evaluados**

		Longitud de la espiga (cm)	Anchura de la espiga (cm)	Nº granos / espiga	Nº espigas / planta
Longitud de la espiga (cm)	Correlación de Pearson	1	-.020	-.077	.015
	Sig. (bilateral)		.701	.147	.773
	N	720	360	360	360
Anchura de la espiga (cm)	Correlación de Pearson	-.020	1	.072	.105*
	Sig. (bilateral)	.701		.173	.046
	N	360	360	360	360
Nº granos / espiga	Correlación de Pearson	-.077	.072	1	.061
	Sig. (bilateral)	.147	.173		.251
	N	360	360	360	360
Nº espigas / planta	Correlación de Pearson	.015	.105*	.061	1
	Sig. (bilateral)	.773	.046	.251	
	N	360	360	360	360

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 37. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros “de cosecha”
evaluados**

		Peso de 1000 granos (g)	Peso específico (kg/hL)	Rendimiento (kg/ha)	Humedad relativa (%)
Peso de 1000 granos (g)	Correlación de Pearson	1	.572	.710**	.394
	Sig. (bilateral)		.052	.010	.205
	N	12	12	12	12
Peso específico (kg/hL)	Correlación de Pearson	.572	1	.638*	.095
	Sig. (bilateral)	.052		.026	.769
	N	12	12	12	12
Rendimiento (kg/ha)	Correlación de Pearson	.710**	.638*	1	.430
	Sig. (bilateral)	.010	.026		.163
	N	12	12	12	12
Humedad relativa (%)	Correlación de Pearson	.394	.095	.430	1
	Sig. (bilateral)	.205	.769	.163	
	N	12	12	12	12

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

ii) ENSAYO EN INVERNADERO

a) Estadísticos descriptivos

Tabla 38. Estadísticos descriptivos de los parámetros relacionados con el crecimiento del cultivo evaluados en invernadero a fecha 23/11/2017 para todas las dosis

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Peso seco parte aérea (g)	35	.33	1.21	.7880	.21507
Peso seco parte radicular (g)	35	.07	.93	.4218	.25165
N válido (según lista)	35				

Tabla 39. Estadísticos descriptivos del arcoseno del porcentaje de micorrización evaluado en invernadero para todas las dosis y fechas

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Arcoseno del porcentaje de micorrización	70	.00	.78	.2751	.16964
N válido (según lista)					

b) Pruebas post - hoc y subconjuntos homogéneos

- Parámetros agronómicos relacionados con el crecimiento y la producción

Tabla 40. Pruebas post - hoc para la variable Peso seco parte aérea a dosis x1

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T2 - x1	-.47874*	.06238	.000	-.6452	-.3123
	T1 - x1	-.42498*	.06238	.000	-.5914	-.2586
T2 - x1	T0	.47874*	.06238	.000	.3123	.6452
	T1 - x1	.05376	.06238	.673	-.1127	.2202
T1 - x1	T0	.42498*	.06238	.000	.2586	.5914
	T2 - x1	-.05376	.06238	.673	-.2202	.1127

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 41. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte aérea a dosis x1

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T0	5	.4019	
T1 - x1	5		.8269
T2 - x1	5		.8807
Sig.		1.000	.673

Tabla 42. Pruebas post - hoc para la variable Peso seco parte radicular a dosis x1

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T2 - x1	-.53538*	.13622	.005	-.8988	-.1720
	T1 - x1	-.20430	.13622	.325	-.5677	.1591
T2 - x1	T0	.53538*	.13622	.005	.1720	.8988
	T1 - x1	.33108	.13622	.076	-.0323	.6945
T1 - x1	T0	.20430	.13622	.325	-.1591	.5677
	T2 - x1	-.33108	.13622	.076	-.6945	.0323

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 43. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte radicular a dosis x1

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T0	5	.2034	
T1 - x1	5	.4077	.4077
T2 - x1	5		.7388
Sig.		.325	.076

Tabla 44. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte aérea a dosis x2

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T2 – x2	-.23298*	.05566	.003	-.3815	-.0845
	T1 – x2	-.45288*	.05566	.000	-.6014	-.3044
T2 – x2	T0	.23298*	.05566	.003	.0845	.3815
	T1 – x2	-.21990*	.05566	.005	-.3684	-.0714
T1 – x2	T0	.45288*	.05566	.000	.3044	.6014
	T2 – x2	-.23298*	.05566	.003	-.3815	-.0845

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 45. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte aérea a dosis x2

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$		
		A	B	C
T0	5	.4019		
T2 – x2	5		.6349	
T1 – x2	5			.8548
Sig.		1.000	1.000	1.000

Tabla 46. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte radicular a dosis x2

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T2 – x2	-.05650	.07879	.758	-.2667	.1537
	T1 – x2	-.29348*	.07879	.008	-.5037	-.0833
T2 – x2	T0	.05650	.07879	.758	-.1537	.2667
	T1 – x2	-.23698*	.07879	.027	-.4472	-.0268
T1 – x2	T0	.29348*	.07879	.008	.0833	.5037
	T2 – x2	.23698*	.07879	.027	.0268	.4472

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 47. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte radicular a dosis x2

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T0	5	.2034	
T1 - x2	5	.2599	
T2 - x2	5		.4969
Sig.		.758	1.000

Tabla 48. Pruebas post - hoc para la variable Peso seco parte aérea a dosis x3

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T2 - x3	-,57436*	,07669	,000	-,7790	-,3698
	T1 - x3	-,53818*	,07669	,000	-,7428	-,3336
T2 - x3	T0	,57436*	,07669	,000	,3698	,7790
	T1 - x3	,03618	,07669	,886	-,1684	,2408
T1 - x3	T0	,53818*	,07669	,000	,3336	,7428
	T2 - x3	-,03618	,07669	,886	-,2408	,1684

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 49. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte aérea a dosis x3

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T0	5	,4019	
T1 - x3	5		,9401
T2 - x3	5		,9763
Sig.		1,000	,886

Tabla 50. Pruebas post – hoc para la variable Peso seco parte radicular a dosis x3

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T2 – x3	-,06380	,12037	,858	-,3849	,2573
	T1 – x3	-,37482*	,12037	,023	-,6960	-,0537
T2 – x3	T0	,06380	,12037	,858	-,2573	,3849
	T1 – x3	-,31102	,12037	,058	-,6322	,0101
T1 – x3	T0	,37482*	,12037	,023	,0537	,6960
	T2 – x3	,31102	,12037	,058	-,0101	,6322

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 51. Medias de los subconjuntos homogéneos para la variable Peso seco parte radicular a dosis x3

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T0	5	,2034	
T2 – x3	5	,2672	,2672
T1 – x3	5		,5783
Sig.		,858	,058

- **Parámetros agronómicos relacionados con fertilidad biológica del suelo**

Tabla 52. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 11/09/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1 – x1	-.00060	.04723	1.000	-.1266	.1254
	T2 – x1	.14240*	.04723	.027	.0164	.2684
T1 – x1	T0	.00060	.04723	1.000	-.1254	.1266
	T1 – x1	.14300*	.04723	.026	.0170	.2690
T2 – x1	T0	-.14240*	.04723	.027	-.2684	-.0164
	T2 – x1	-.14300*	.04723	.026	-.2690	-.0170

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 53. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 11/09/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2 - x1	5	.1404	
T0	5	.2426	.2426
T1 - x1	5		.2640
Sig.		.099	.884

Tabla 54. Pruebas post - hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 23/11/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1 - x1	-.09280	.06250	.332	-.2595	.0739
	T2 - x1	.19600*	.06250	.022	.0293	.3627
T1 - x1	T0	.09280	.06250	.332	-.0739	.2595
	T1 - x1	.28880*	.06250	.002	.1221	.4555
T1 - x1	T0	-.19600*	.06250	.022	-.3627	-.0293
	T2 - x1	-.28880*	.06250	.002	-.4555	-.1221

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 55. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x1 a fecha 23/11/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2 - x2	5	.2848	
T0	5		.4808
T1 - x2	5		.5736
Sig.		1.000	.332

Tabla 56. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 11/09/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1 – x2	-.02140	.04499	.884	-.1414	.0986
	T2 – x2	.10220	.04499	.099	-.0178	.2222
T1 – x2	T0	.02140	.04499	.884	-.0986	.1414
	T1 – x2	.12360*	.04499	.043	.0036	.2436
T1 – x2	T0	-.10220	.04499	.099	-.2222	.0178
	T2 – x2	-.12360*	.04499	.043	-.2436	-.0036

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 57. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 11/09/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2 – x2	5	.1002	
T0	5		.2426
T1 – x2	5		.2432
Sig.		1.000	1.000

Tabla 58. Pruebas post – hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 23/11/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1 – x2	-.02720	.08133	.941	-.2442	.1898
	T2 – x2	.31960*	.08133	.005	.1026	.5366
T1 – x2	T0	.02720	.08133	.941	-.1898	.2442
	T1 – x2	.34680*	.08133	.003	.1298	.5638
T1 – x2	T0	-.31960*	.08133	.005	-.5366	-.1026
	T2 – x2	-.34680*	.08133	.003	-.5638	-.1298

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 59. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x2 a fecha 23/11/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2 - x2	5	.1612	
T0	5		.4808
T1 - x2	5		.5080
Sig.		1.000	.941

Tabla 60. Pruebas post - hoc para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 11/09/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1 - x3	-.06300	.03978	.290	-.1691	.0431
	T2 - x3	.10220	.03978	.059	-.0039	.2083
T1 - x3	T0	.06300	.03978	.290	-.0431	.1691
	T1 - x3	.16520*	.03978	.004	.0591	.2713
T1 - x3	T0	-.10220	.03978	.059	-.2083	.0039
	T2 - x3	-.16520*	.03978	.004	-.2713	-.0591

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 61. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arcoseno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 11/09/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$	
		A	B
T2 - x3	5	.1404	
T0	5	.2426	.2426
T1 - x3	5		.3056
Sig.		.059	.290

Tabla 62. Pruebas post – hoc para el arco seno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 23/11/2017

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
T0	T1 – x3	.17520*	.05926	.030	.0171	.3333
	T2 – x3	.38040*	.05926	.000	.2223	.5385
T1 – x3	T0	-.17520*	.05926	.030	-.3333	-.0171
	T1 – x3	.20520*	.05926	.012	.0471	.3633
T1 – x3	T0	-.38040*	.05926	.000	-.5385	-.2223
	T2 – x3	-.20520*	.05926	.012	-.3633	-.0471

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 63. Medias de los subconjuntos homogéneos para el arco seno de la variable Porcentaje de micorrización a dosis x3 a fecha 23/11/2017

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = .05$		
		A	B	C
T2 – x3	5	.1004		
T1 – x3	5		.3056	
T0	5			.4808
Sig.		1.000	1.000	1.000

c) Correlaciones estadísticas

Tabla 64. Correlaciones estadísticas entre el conjunto de parámetros evaluados

		Peso seco parte aérea (g)	Peso seco parte radicular (g)
Peso seco parte aérea (g)	Correlación de Pearson	1	.404*
	Sig. (bilateral)		.016
	N	35	35
Peso seco parte radicular (g)	Correlación de Pearson	.404*	1
	Sig. (bilateral)	.016	
	N	35	35